



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 101 57 885 A 1

51 Int. Cl. 7:
B 60 C 23/00

21 Aktenzeichen: 101 57 885.7
22 Anmeldetag: 26. 11. 2001
43 Offenlegungstag: 2. 10. 2002

DE 101 57 885 A 1

30 Unionspriorität:
P 00-359588 27. 11. 2000 JP

71 Anmelder:
Toyota Jidosha K.K., Toyota, Aichi, JP; Denso Corp.,
Kariya, Aichi, JP; Aisin Seiki K.K., Kariya, Aichi, JP

74 Vertreter:
Tiedtke, Bühling, Kinne & Partner GbR, 80336
München

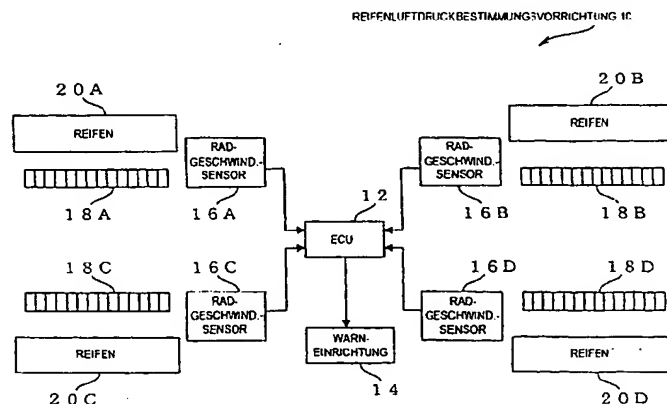
72 Erfinder:
Kamiya, Kazuhiro, Anjo, Aichi, JP; Mori, Yukio,
Nagoya, Aichi, JP; Umeno, Takaji, Aichi, JP; Ohashi,
Hideki, Toyota, Aichi, JP; Inoue, Yuichi, Tajimi, Gifu,
JP; Taguchi, Takeyasu, Nagoya, Aichi, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung des Reifenluftdrucks

57 Es werden eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Bestimmen des Reifenluftdrucks mit hoher Genauigkeit aus einem Fahrzeugbetrieb bei niedrigen bis hohen Geschwindigkeiten und unabhängig von verschiedenen an dem Fahrzeug angebrachten Elementen bereitgestellt. Die Bestimmung des Reifenluftdrucks, basierend auf einer Resonanzfrequenz, die auf der Grundlage eines Radgeschwindigkeitssignals extrahiert wurde, welches von einem Radgeschwindigkeitssensor entsprechend einem jeweiligen Reifen ausgegeben wurde, und die Bestimmung des Reifenluftdrucks, basierend auf einem dynamischen Lastradius, der auf der Grundlage des Radgeschwindigkeitssignals abgeleitet wurde, werden dazu verwendet, selektiv in Übereinstimmung mit der Größe eines Varianzwerts der Resonanzfrequenz zu einer Vielzahl von Zeitpunkten umzuschalten.



DE 101 57 885 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Bestimmen des Reifenluftdrucks, und bezieht sich insbesondere auf eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Bestimmen des Reifenluftdrucks auf der Grundlage eines Radgeschwindigkeitssignals.

[0002] Bisher ist als eine Vorrichtung zum Abschätzen eines Reifenluftdruckzustands eine Technologie bekannt zum Abtasten einer Reifenresonanzfrequenz dadurch, daß das Radgeschwindigkeitssignal einschließlich der Frequenzkomponenten einer Reifenschwingung in einem sich in Betrieb befindenden Fahrzeug einer Frequenzanalyse unterzogen und der Reifenluftdruckzustand auf der Grundlage der Resonanzfrequenz erfaßt wird (vgl. beispielsweise die japanische Patentregistrierung Nr. 2.836.652 und dergleichen).

[0003] Die Resonanzfrequenz im Anwendungsbereich der Technologie zum Abschätzen des Luftdrucks auf diese Weise fällt im allgemeinen in einen Bereich von etwa 30 bis 50 Hz. Gemäß der Technologie besteht jedoch ein Nachteil darin, daß es zumindest eine Situation gibt, in der ein Reifenluftdruck in Abhängigkeit von der Umgebung, der das Fahrzeug wie nachstehend gezeigt ausgesetzt ist, nicht genau geschätzt werden kann.

[0004] Fig. 9A und 9B zeigen ein Beispiel eines Meßergebnisses eines Leistungsspektrumpegels in Bezug auf das Radgeschwindigkeitssignal. Ferner zeigt Fig. 9A ein Beispiel einer Situation, in der die Fahrzeuggeschwindigkeit einer mittleren Geschwindigkeit von "a" km/h ist, und zeigt Fig. 9B ein Beispiel einer Situation, in der die Fahrzeuggeschwindigkeit eine hohe Geschwindigkeit von "b" km/h ist. Wie durch die Zeichnungen gezeigt ist, ist in einem Bereich einer Resonanzfrequenz von etwa 30 bis 50 Hz dann, wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit niedrig bzw. langsam ist (Fig. 9A), der Pegel des Leistungsspektrums (die Verstärkung bzw. der Gewinn) der Resonanzfrequenz (gekoppelte primäre Resonanzfrequenz) hoch, so daß demgemäß die Resonanzfrequenz genau abgetastet werden kann. Jedoch ist dann, wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit hoch bzw. schnell ist (Fig. 9B), der Pegel des Leistungsspektrums der Resonanzfrequenz niedrig, so daß demgemäß die genaue Resonanzfrequenz nicht genau abgetastet werden kann. Dies wird durch den Umstand verursacht, daß dann, wenn sich das Fahrzeug in einem Bereich hoher Geschwindigkeit befindet, das Phänomen der Reifenschwingung bzw. Reifenvibration nur schwer auftritt.

[0005] Daher kann beispielsweise dann, wenn das Fahrzeug in Bereichen niedriger bis mittlerer Geschwindigkeit in einer städtischen Umgebung betrieben wird, der Reifenluftdruck in dem vorstehend beschriebenen Bereich der Resonanzfrequenz zwischen etwa 30 und 50 Hz mit hoher Genauigkeit geschätzt werden. Wenn jedoch das Fahrzeug in einem Bereich hoher Geschwindigkeit betrieben wird, nimmt der Pegel des Leistungsspektrums der Resonanzfrequenz ab und verschlechtert sich die Genauigkeit zur Abschätzung des Reifenluftdrucks.

[0006] Um diesem Nachteil Rechnung zu tragen, wird gemäß der in der japanischen Patent-Offenlegungsschrift (JP-A) Nr. 9-2031 beschriebenen Technologie eine Technologie vorgeschlagen zum Abschätzen eines Reifenluftdrucks mit hoher Genauigkeit und unabhängig von der Fahrzeuggeschwindigkeit durch Abschätzen des Reifenluftdrucks auf der Grundlage der Federkonstanten, die einen Index mit einer hohen Korrelation mit der Resonanzfrequenz dann, wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit langsam ist, bildet, und Abschätzen des Reifenluftdrucks auf der Grundlage eines dynamischen Reifenlastradius dann, wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit schnell ist.

[0007] Gemäß der in der Druckschrift JP-A Nr. 9-2031 beschriebenen Technologie wird als Bedingung zum Umschalten zwischen den beiden Verfahren zum Abschätzen des Luftdrucks die Reisegeschwindigkeit des Fahrzeuges herangezogen. Allerdings ist die Schwelle zum Umschalten zwischen den Schätzverfahren in diesem Fall auf der Grundlage einer Analyse der Fahrzeuggeschwindigkeit dann, wenn das Niveau des Leistungsspektrums durch Versuche oder dergleichen gesenkt wurde, festgelegt. Zudem ist die Schwelle für jedes von verschiedenen Elementen des Fahrzeugs (insbesondere für den Reifentyp) festgelegt. Demgemäß besteht ein Nachteil darin, daß obwohl die Schätzgenauigkeit für ein Fahrzeug entsprechend verschiedenen Elementen, für die die geeignete Schwelle vorbestimmt wurde, hoch ist, die Schätzgenauigkeit für andere Fahrzeuge niedrig ist.

[0008] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, den vorstehenden Nachteil zu beseitigen und eine Vorrichtung zum Bestimmen eines Reifenluftdrucks mit höherer Genauigkeit aus einem Betrieb bei niedrigen bis hohen Geschwindigkeiten unabhängig von den an dem Fahrzeug angebrachten verschiedenen Elementen zu schaffen.

[0009] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch eine Vorrichtung zum Bestimmen eines Reifenluftdrucks eines Fahrzeugs auf der Grundlage eines Reifengeschwindigkeitssignals, gekennzeichnet durch:

- eine Extraktionskomponente zum Extrahieren einer Resonanzfrequenz oder einer Federkonstanten des Reifens auf der Grundlage eines Radgeschwindigkeitssignals einschließlich Frequenzkomponenten der Schwingung des Reifens im Betrieb des Fahrzeugs;
- eine erste Bestimmungskomponente zum Bestimmen des Reifenluftdrucks auf der Grundlage der durch die Extraktionskomponente extrahierten Resonanzfrequenz oder Federkonstanten des Reifens;
- eine Ableitkomponente zum Ableiten eines dynamischen Lastradius des Reifens auf der Grundlage des Radgeschwindigkeitssignals;
- eine zweite Schätzkomponente zum Schätzen des Reifenluftdrucks auf der Grundlage des durch die Ableitkomponente abgeleiteten dynamischen Lastradius; und
- eine Umschaltkomponente zum selektiven Umschalten der Bestimmung des Luftdrucks durch die erste Bestimmungskomponente und die zweite Bestimmungskomponente in Übereinstimmung mit einem statistischen Wert auf der Grundlage der Resonanzfrequenz oder der Federkonstanten des Reifens zu einer Vielzahl von Zeitpunkten.

[0010] Die Extraktionskomponente extrahiert die Resonanzfrequenz oder die Federkonstante des Reifens auf der Grundlage des die Frequenzkomponenten des Reifens im Betrieb des Fahrzeugs einschließenden Radgeschwindigkeitssignals. Der Reifenluftdruck wird durch die ersten Bestimmungskomponente auf der Grundlage der extrahierten Resonanzfrequenz oder der extrahierten Federkonstanten des Reifens bestimmt. Als Verfahren zum Bestimmen des Reifenluftdrucks durch die erste Bestimmungskomponente können alle existierenden Verfahren angewandt werden, die in der Lage sind, den Reifenluftdruck auf der Grundlage der Resonanzfrequenz oder der Federkonstanten des Reifens zu bestimmen, beispielsweise die in früheren Veröffentlichungen wie zum Beispiel den japanischen Patentregistrierungen Nr. 2.836.652, JP-A Nr. 9-2.031, JP-A Nr. 6-297.923 und JP-A Nr. 8-219.920 beschriebenen Schätz- bzw. Bestimmungungsverfahren.

[0011] Gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung wird der dynamische Lastradius des Reifens auf der Grundlage des Radgeschwindigkeitssignals durch die Ableitkomponente abgeleitet, und wird der Reifenluftdruck

durch die zweite Bestimmungskomponente auf der Grundlage des abgeleiteten dynamischen Lastradius bestimmt. Als Verfahren zum Bestimmen des Reifenluftdrucks durch die zweite Bestimmungskomponente können alle Bestimmungsverfahren angewandt werden, die in der Lage sind, den Reifenluftdruck auf der Grundlage des dynamischen Lastradius des Reifens zu bestimmen, wie beispielsweise ein in der Druckschrift JP-A Nr. 9-2,031 beschriebenes Verfahren.

[0012] Ferner wird gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung eine selektive Umschaltung der Bestimmung des Luftdrucks durch die erste Bestimmungskomponente und die zweite Bestimmungskomponente in Übereinstimmung mit dem auf der Resonanzfrequenz oder der Federkonstanten des Reifens basierenden statistischen Wert zu jedem von einer Vielzahl von Zeitpunkten durchgeführt.

[0013] Das heißt, daß erfindungsgemäß bei der Bestimmung des Reifenluftdrucks durch selektives Umschalten auf eine Bestimmung durch die erste Bestimmungskomponente auf der Grundlage der Resonanzfrequenz oder der Federkonstanten, die eine hohe Bestimmungsgenauigkeit dann hat, wenn das Fahrzeug bei niedrigen und mittleren Geschwindigkeiten betrieben wird, und auf eine Bestimmung durch die zweite Bestimmungskomponente auf der Grundlage des dynamischen Lastradius, die eine hohe Bestimmungsgenauigkeit dann hat, wenn das Fahrzeug mit hoher Geschwindigkeit betrieben wird, unabhängig von der Fahrzeugreisegeschwindigkeit eine hohe Bestimmungsgenauigkeit erreicht wird. Als ein Parameter für die Umschaltung wird der auf der Resonanzfrequenz oder der Federkonstanten des Reifens im tatsächlichen Betrieb des Fahrzeugs basierende statistische Wert verwendet. Daher kann der Reifenluftdruck unabhängig von verschiedenen an dem Fahrzeug anzubringenden Elementen mit hoher Genauigkeit bestimmt werden.

[0014] Auf diese Art und Weise werden in Übereinstimmung mit der Vorrichtung zum Bestimmen des Reifenluftdrucks gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel die Bestimmung des Luftdrucks durch die erste Bestimmungskomponente auf der Grundlage der Resonanzfrequenz oder der Federkonstanten des Reifens und die Bestimmung des Luftdrucks durch die zweite Bestimmungskomponente auf der Grundlage des dynamischen Lastradius selektiv in Übereinstimmung mit dem statistischen Wert basierend auf der Resonanzfrequenz oder der Federkonstanten des Reifens zu jedem der Vielzahl von Zeitpunkten verwendet. Daher kann der Reifenluftdruck unabhängig von verschiedenen an dem Fahrzeug anzubringenden Elementen mit hoher Genauigkeit aus einem Betrieb bei niedrigen bis hohen Geschwindigkeiten bestimmt werden.

[0015] Vorteilhaft wird als der statistische Wert gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung ein Varianzwert, ein Standardabweichungswert, ein Versatz oder eine Kurtosis der Resonanzfrequenzen oder der Federkonstanten zu der Vielzahl von Zeitpunkten angewandt.

[0016] Fig. 10A und Fig. 10B zeigen ein Beispiel von Histogrammen von Resonanzfrequenzen zu einer Vielzahl von Zeitpunkten, die auf der Grundlage eines Radgeschwindigkeitssignals extrahiert wurden. Fig. 10A zeigt ein Beispiel eines Falls, in dem die Fahrzeuggeschwindigkeit eine mittlere Geschwindigkeit von "a" km/h ist, und Fig. 10B zeigt ein Beispiel eines Falls, in dem die Fahrzeuggeschwindigkeit eine hohe Geschwindigkeit von "b" km/h ist.

[0017] Wie durch Fig. 10A gezeigt ist, bildet das Histogramm der Resonanzfrequenz dann, wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit die mittlere Geschwindigkeit von "a" km/h ist, im wesentlichen eine Form einer Normalverteilung aus, wobei ein Varianzwert der Resonanzfrequenzen in diesem

Fall "A" war. Demgegenüber bildet wie durch Fig. 10B gezeigt dann, wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit die hohe Geschwindigkeit von "b" km/h ist, das Histogramm einen unregelmäßigen Zustand aus, wobei ein Varianzwert der Resonanzfrequenz in diesem Fall "B" war, welcher größer ist als der vorstehend erwähnte Wert "A". Wie vorstehend beschrieben wurde, ist die Federkonstante des Reifens ein Index mit einer hohen Korrelation mit bzw. zu der Resonanzfrequenz. Daher verhält sich ein Histogramm der Federkonstanten ähnlich zu dem Fall für die Resonanzfrequenz.

[0018] Daher kann durch selektives Umschalten zwischen der Bestimmung durch die erste Bestimmungskomponente und die zweite Bestimmungskomponente in Übereinstimmung mit dem auf der Grundlage des Radgeschwindigkeitssignal bereitgestellten Varianzwert der Resonanzfrequenz (der Federkonstanten) der Luftdruck mit hoher Genauigkeit bestimmt werden.

[0019] Darüber hinaus kann ein Standardabweichungswert mit einer Korrelation mit dem Varianzwert ähnlich zu dem Fall des Varianzwerts gehandhabt werden.

[0020] Ein Versatz (Bias; ein Grad der Verschiebung des Scheitels einer Normalverteilung wie durch Fig. 10A gezeigt nach links und/oder rechts) oder eine Kurtosis der Resonanzfrequenz (ein einzelner bzw. punktierter Grad des Normalverteilungszustands wie durch Fig. 10A gezeigt) kann ebenfalls als der Index zur Darstellung eines Genauigkeitsgrad der extrahierten Resonanzfrequenz betrachtet werden. Daher sind auch der Versatz und die Kurtosis als Indizes zum selektiven Umschalten der Bestimmung durch die erste Bestimmungskomponente und die zweite Bestimmungskomponente anwendbar.

[0021] In Übereinstimmung mit einem zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung wird die vorstehend angegebene Aufgabe auch gelöst durch eine Vorrichtung zum Bestimmen eines Reifenluftdrucks eines Fahrzeugs auf der Grundlage eines Reifengeschwindigkeitssignals, gekennzeichnet durch:

eine Extraktionskomponente zum Extrahieren einer Resonanzfrequenz oder einer Federkonstanten des Reifens auf der Grundlage eines Radgeschwindigkeitssignals einschließlich Frequenzkomponenten der Schwingung des Reifens im Betrieb des Fahrzeugs;

eine erste Bestimmungskomponente zum Bestimmen des Reifenluftdrucks auf der Grundlage der durch die Extraktionskomponente extrahierten Resonanzfrequenz oder Federkonstanten des Reifens;

eine Ableitkomponente zum Ableiten eines dynamischen Lastradius des Reifens auf der Grundlage des Radgeschwindigkeitssignals;

eine zweite Bestimmungskomponente zum Bestimmen des Reifenluftdrucks auf der Grundlage des durch die Ableitkomponente abgeleiteten dynamischen Lastradius;

eine Radgeschwindigkeitsableitkomponente zum Ableiten einer Radgeschwindigkeit auf der Grundlage des Radgeschwindigkeitssignals; und

eine Bestimmungsumschaltkomponente zum Umschalten von der Bestimmung des Reifenluftdrucks durch die erste Bestimmungskomponente, wenn die durch die Radgeschwindigkeitsableitkomponente abgeleitete Radgeschwindigkeit kleiner ist als ein vorbestimmter Wert, und Umschalten zu der Bestimmung des Reifenluftdrucks durch die zweite Bestimmungskomponente, wenn die Radgeschwindigkeit zumindest gleich dem vorbestimmten Wert ist; und

eine Festlegekomponente zum Festlegen des vorbestimmten Werts auf der Grundlage der Resonanzfrequenz oder der Federkonstanten des Reifens.

[0022] Die Resonanzfrequenz oder die Federkonstante des Reifens wird auf der Grundlage des Radgeschwindig-

keitssignals einschließlich der Frequenzkomponenten der Schwingung des Reifens im Betrieb des Fahrzeugs extrahiert, und der Reifenluftdruck wird basierend auf der extrahierten Resonanzfrequenz oder der extrahierten Federkonstanten des Reifens bestimmt. Als ein Verfahren zum Bestimmen des Reifenluftdrucks durch die erste Bestimmungskomponente können wie bei dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung alle existierenden Verfahren angewandt werden, die in der Lage sind, den Reifenluftdruck auf der Grundlage der Resonanzfrequenz oder der Federkonstanten des Reifens zu bestimmen, wie beispielsweise die Bestimmungungsverfahren, die in Veröffentlichungen wie beispielsweise den japanischen Patentregistrierungen Nr. 2.836.652, JP-A Nr. 9-2.031, JP-A Nr. 6-297.923 und JP-A Nr. 8-219.920 beschrieben sind.

[0023] In Übereinstimmung mit dem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung wird der dynamische Lastradius des Reifens auf der Grundlage des Radgeschwindigkeitssignals abgeleitet. Der Reifenluftdruck wird durch die zweite Bestimmungskomponente auf der Grundlage des abgeleiteten dynamischen Lastradius bestimmt. Darüber hinaus können als Verfahren zum Bestimmen des Reifenluftdrucks durch die zweite Bestimmungskomponente alle existierenden Verfahren angewandt werden, die in der Lage sind, den Reifenluftdruck auf der Grundlage des dynamischen Lastradius des Reifens zu bestimmen, wie beispielsweise ein in der Druckschrift JP-A Nr. 9-2.031 beschriebenes Bestimmungungsverfahren.

[0024] Ferner wird gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung die Radgeschwindigkeit durch die Radgeschwindigkeitsableitkomponente auf der Grundlage des Radgeschwindigkeitssignals abgeleitet. Unter Verwendung der Bestimmungsumschaltkomponente wird der Betriebsablauf auf die Bestimmung des Reifenluftdrucks durch die erste Bestimmungskomponente umgeschaltet, wenn die abgeleitete Radgeschwindigkeit kleiner ist als der vorbestimmte Wert. Der Betriebsablauf wird auf die Bestimmung des Reifenluftdrucks durch die zweite Bestimmungskomponente umgeschaltet, wenn die Radgeschwindigkeit zumindest gleich dem vorbestimmten Wert ist.

[0025] Das heißt, daß erfindungsgemäß bei der Bestimmung des Reifenluftdrucks durch selektives Umschalten der Bestimmung basierend auf der Resonanzfrequenz oder der Federkonstanten durch die erste Bestimmungskomponente mit hoher Bestimmungsgenauigkeit dann, wenn das Fahrzeug bei geringen bis mittleren Geschwindigkeiten betrieben wird, und der Bestimmung basierend auf dem dynamischen Lastradius durch die zweite Bestimmungskomponente mit hoher Bestimmungsgenauigkeit dann, wenn das Fahrzeug mit hoher Geschwindigkeit betrieben wird, unabhängig von der Fahrzeuggeschwindigkeit eine hohe Bestimmungsgenauigkeit erreicht wird.

[0026] Hierbei wird erfindungsgemäß durch die Festlegekomponente bzw. Schwellenschaltung der vorbestimmte Wert für eine Schwellenumschaltung auf der Grundlage der Resonanzfrequenz oder der Federkonstanten des Reifens im tatsächlichen Betrieb des Fahrzeugs festgelegt. Dadurch kann der Reifenluftdruck unabhängig von verschiedenen an dem Fahrzeug angebrachten Elementen mit hoher Genauigkeit bestimmt werden.

[0027] Auf diese Art und Weise wird in Übereinstimmung mit der Vorrichtung zum Bestimmen des Reifenluftdrucks gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung der Betriebsablauf auf die Bestimmung des Reifenluftdrucks durch die erste Bestimmungskomponente zum Bestimmen des Reifenluftdrucks basierend auf der Resonanzfrequenz oder der Federkonstanten des Reifens umgeschaltet, wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit kleiner ist als der vorbe-

stimmte Wert; und wird der Betriebsablauf auf die Bestimmung des Reifenluftdrucks durch die zweite Bestimmungskomponente zum Bestimmen des Reifenluftdrucks basierend auf dem dynamischen Lastradius umgeschaltet, wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit zumindest gleich dem vorbestimmten Wert ist. Der vorbestimmte Wert wird auf der Grundlage der Resonanzfrequenz oder der Federkonstanten des Reifens festgelegt, so daß demgemäß der Reifenluftdruck unabhängig von verschiedenen an dem Fahrzeug angebrachten Elementen von niedrigen bis hohen Geschwindigkeiten mit hoher Genauigkeit bestimmt werden kann.

[0028] Es wird bevorzugt, daß die Festlegekomponente gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung den vorbestimmten Wert in Übereinstimmung mit einem statistischen Wert basierend auf der Resonanzfrequenz oder der Federkonstanten des Reifens zu jedem von einer Vielzahl von Zeitpunkten festlegt. In diesem Fall ist aus ähnlichen Gründen wie bei dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung als der statistische Wert ein Varianzwert, ein Standardabweichungswert, ein Versatz oder eine Kurtosis der Resonanzfrequenz oder der Federkonstanten zu jedem der Vielzahl von Zeitpunkten anwendbar.

[0029] In Übereinstimmung mit einem dritten Ausführungsbeispiel der Erfindung wird die vorstehend angegebene Aufgabe auch gelöst durch ein Verfahren zum Bestimmen eines Reifenluftdrucks, gekennzeichnet durch die Schritte:

- (a) Extrahieren einer Resonanzfrequenz oder einer Federkonstanten des Reifens auf der Grundlage eines Radgeschwindigkeitssignals einschließlich Frequenzkomponenten von Schwingungen eines Reifens bei Betrieb eines Fahrzeugs;
- (b) Bestimmen des Reifenluftdrucks auf der Grundlage der extrahierten Resonanzfrequenz oder Federkonstanten des Reifens;
- (c) Ableiten eines dynamischen Lastradius des Reifens auf der Grundlage des Radgeschwindigkeitssignals;
- (d) Bestimmen des Reifenluftdrucks auf der Grundlage des abgeleiteten dynamischen Lastradius; und
- (e) selektives Umschalten der Bestimmung des Luftdrucks durch Schritt (b) und einer Bestimmung des Luftdrucks unter Verwendung der Schritte zum Bestimmen des Reifenluftdrucks auf der Grundlage einer Resonanzfrequenz oder einer Federkonstanten, und des dynamischen Lastradius, in Übereinstimmung mit einem statistischen Wert basierend auf der Resonanzfrequenz oder der Federkonstanten des Reifens zu einer Vielzahl von Zeitpunkten.

[0030] In Übereinstimmung mit einem vierten Ausführungsbeispiel der Erfindung wird die vorstehend angegebene Aufgabe auch gelöst durch ein Verfahren zum Bestimmen eines Reifenluftdrucks, gekennzeichnet durch die Schritte:

- (a) Extrahieren einer Resonanzfrequenz oder einer Federkonstanten des Reifens auf der Grundlage eines Radgeschwindigkeitssignals einschließlich Frequenzkomponenten von Schwingungen des Reifens bei Betrieb eines Fahrzeugs;
- (b) Bestimmen des Reifenluftdrucks auf der Grundlage der extrahierten Resonanzfrequenz oder Federkonstanten des Reifens;
- (c) Ableiten eines dynamischen Lastradius des Reifens auf der Grundlage des Radgeschwindigkeitssignals;

- (d) Bestimmen des Reifenluftdrucks auf der Grundlage des abgeleiteten dynamischen Lastradius;
- (e) Ableiten einer Radgeschwindigkeit auf der Grundlage des Radgeschwindigkeitssignals;
- (f) Umschalten von der Bestimmung des Reifenluftdrucks durch den Schritt zum Bestimmen des Reifenluftdrucks auf der Grundlage der Resonanzfrequenz oder des Federkonstantenwerts, wenn die abgeleitete Radgeschwindigkeit kleiner ist als ein vorbestimmter Wert, und zu der Bestimmung des Reifenluftdrucks durch den Schritt zum Bestimmen des Reifenluftdrucks auf der Grundlage des dynamischen Lastradius, wenn die Radgeschwindigkeit zumindest gleich dem vorbestimmten Wert ist; und
- (g) Festlegen des vorbestimmten Werts auf der Grundlage der Resonanzfrequenz oder der Federkonstanten des Reifens.

[0031] Die Erfindung wird nachstehend anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die beige-fügte Zeichnung näher beschrieben. Es zeigen:

[0032] Fig. 1 ein Blockdiagramm, das eine Reifenluftdruckbestimmungsvorrichtung 10 gemäß einem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel zeigt;

[0033] Fig. 2A und 2B Ablaufdiagramme, die einen Ablauf zur Verarbeitung in einem Reifenluftdruckbestimmungs-Verarbeitungsprogramm zeigen, das durch die Reifenluftdruckbestimmungsvorrichtung 10 gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel ausgeführt wird;

[0034] Fig. 3 ein Ablaufdiagramm, das einen Ablauf zur Verarbeitung eines Resonanzfrequenz-Betriebsablaufverarbeitungsprogramms zeigt, das während der Ausführung des Reifenluftdruckbestimmungs-Verarbeitungsprogramms ausgeführt wird;

[0035] Fig. 4 ein Diagramm, das ein Beispiel einer Beziehung zwischen der Resonanzfrequenz und dem Luftdruck zeigt;

[0036] Fig. 5A und 5B Diagramme, die zur Erklärung einer anderen Betriebsart des ersten Ausführungsbeispiels bereitgestellt sind;

[0037] Fig. 6A und 6B Ablaufdiagramme, die einen Ablauf zur Verarbeitung eines Reifenluftdruckbestimmungs-Verarbeitungsprogramms zeigen, das durch die Reifenluftdruckbestimmungsvorrichtung 10 gemäß einem zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiel ausgeführt wird;

[0038] Fig. 7A und 7B Ablaufdiagramme, die einen Ablauf zur Verarbeitung eines Reifenluftdruckbestimmungs-Verarbeitungsprogramms zeigen, das durch die Reifenluftdruckbestimmungsvorrichtung 10 gemäß einem dritten bevorzugten Ausführungsbeispiel ausgeführt wird;

[0039] Fig. 8 eine Tabelle, die ein Beispiel einer Beziehung zwischen einem Varianzwert und einer vorbestimmten Schwelle V_{th} zeigt;

[0040] Fig. 9A ein Diagramm, das ein Beispiel eines Meßwerts eines Leistungsspektrumpegels in Bezug auf ein Radgeschwindigkeitssignal zeigt, wobei die Fahrzeuggeschwindigkeit eine mittlere Geschwindigkeit von "a" km/h ist;

[0041] Fig. 9B ein Diagramm, das ein Beispiel eines Meßwerts eines Leistungsspektrumpegels in Bezug auf ein Radgeschwindigkeitssignal zeigt, wobei die Fahrzeuggeschwindigkeit eine hohe Geschwindigkeit von "b" km/h ist;

[0042] Fig. 10A ein zur Erklärung des Prinzips der Erfindung bereitgestelltes Histogramm einer Resonanzfrequenz, wobei die Fahrzeuggeschwindigkeit eine mittlere Geschwindigkeit von "a" km/h ist; und

[0043] Fig. 10B ein zur Erklärung des Prinzips der Erfindung bereitgestelltes Histogramm einer Resonanzfrequenz,

wobei die Fahrzeuggeschwindigkeit eine hohe Geschwindigkeit von "b" km/h ist.

Erstes Ausführungsbeispiel

[0044] Nachstehend wird eine Betriebsart eines ersten bevorzugten Ausführungsbeispiels erklärt. Fig. 1 zeigt eine Reifenluftdruckbestimmungsvorrichtung 10 gemäß einem ersten Gesichtspunkt.

[0045] Wie durch die Zeichnung gezeigt ist, umfaßt die Reifenluftdruckbestimmungsvorrichtung 10 gemäß dem ersten Gesichtspunkt eine elektronische Steuereinrichtung (nachstehend in Kurzform als "ECU" bezeichnet) 12, die den gesamten Betrieb der Reifenluftdruckbestimmungsvorrichtung 10 steuert, eine Warneinrichtung 14 zum Bereitstellen eines Alarms gesteuert durch die ECU 12, und Raddrehzahl- bzw. Radgeschwindigkeitssensoren 16A bis 16D, die jeweils in Entsprechung zu Rotoren 18A bis 18D bereitgestellt sind, welche wiederum jeweils für Reifen 20A bis 20D eines Fahrzeugs bereitgestellt sind.

[0046] Die einzelnen Rotoren 18A bis 18D beinhalten magnetische Körper mit einer kreisförmigen Scheibenform, die koaxial an nicht dargestellten, jeweils den Reifen 20A bis 20D entsprechenden Drehwellen angebracht sind. Ferner beinhalten die Radgeschwindigkeitssensoren 16A bis 16D Meß- bzw. Aufnahmespulen, die in der Nähe der jeweils entsprechenden Reifen 20A bis 20D mit einem vorbestimmten Abstand zu diesen angebracht sind und Wechselstromsignale mit Perioden in Übereinstimmung mit Drehzahlen der Rotoren 18A bis 18D, d. h. der Reifen 20A bis 20D, ausgeben.

[0047] Ferner sind Ausgangsanschlüsse der Fahrzeuggeschwindigkeitssensoren 16A bis 16D zum Ausgeben der Wechselstromsignale mit der ECU 12 verbunden. Die ECU 12 beinhaltet einen Mikrocomputer, der eine CPU, ein ROM, ein RAM und dergleichen sowie eine Signalformerschaltung umfaßt. Die ECU 12 führt eine vorbestimmte Verarbeitung einschließlich einer Signalverlaufformung bzw. -erzeugung auf der Grundlage der von den jeweiligen Radgeschwindigkeitssensoren 16A bis 16D zugeführten Wechselstromsignale aus. Ferner steuert die ECU 12 die Ausgabe einer Warnung durch die Warneinrichtung 14 in Übereinstimmung mit Ergebnissen der Verarbeitung.

[0048] Nachstehend wird der Betriebsablauf der Reifenluftdruckbestimmungsvorrichtung 10 gemäß dem ersten Gesichtspunkt unter Bezugnahme auf Fig. 2A und 2B erklärt. Ferner sind Fig. 2A und 2B Ablaufdiagramme, die den Ablauf eines von der CPU der ECU 12 in vorbestimmten Zeitintervallen wiederholt ausgeführten Reifenluftdruckbestimmungs-Verarbeitungsprogramms zeigen, wobei das Programm zuvor in dem ROM der ECU 12 gespeichert wurde. Darüber hinaus führt die ECU 12 eine vergleichbare Verarbeitung für die jeweiligen Reifen 20A bis 20D aus, so daß daher eine Erklärung nur für die Verarbeitung für den Reifen 20A gegeben wird.

[0049] Zunächst wird in Schritt 100 eine Resonanzfrequenzbetriebsablaufverarbeitung ausgeführt, um eine auf der Raddrehzahl bzw. der Radgeschwindigkeit basierende Resonanzfrequenz auf der Grundlage des von dem Radgeschwindigkeitssensor 16A zugeführten Wechselstromsignals abzuleiten. Nachstehend wird eine Erklärung der Resonanzfrequenzbetriebsablaufverarbeitung unter Bezugnahme auf Fig. 3 gegeben. In dieser Hinsicht ist Fig. 3 ein Ablaufdiagramm, das den Ablauf zur Verarbeitung eines Resonanzfrequenzbetriebsablauf-Verarbeitungsprogramms zum Ausführen der Resonanzfrequenzbetriebsablaufverarbeitung zeigt. Dieses Programm wurde ebenfalls zuvor in dem ROM der ECU 12 gespeichert.

[0050] Zunächst wird in Schritt 200, einer Anfangseinstellung, 0 (Null) für eine Variable N substituiert, die eine Anzahl von Betriebsabläufen einer noch zu beschreibenden FFT (Fast Fourier-Transformation) repräsentiert. In dem nächsten Schritt 102 wird das von dem Radgeschwindigkeitssensor 16A ausgegebene Wechselstromsignal einer Signalverlaufumformung so unterzogen, daß es einem Impulssignal entspricht. Danach wird eine Radgeschwindigkeit V auf der Grundlage des Zeitintervalls zwischen Impulsen berechnet. Die Radgeschwindigkeit V schließt normalerweise eine Anzahl hoher Frequenzkomponenten ein, die Frequenzkomponenten von Reifenschwingungen beinhalten. [0051] In dem nächsten Schritt 208 wird ein Frequenzanalyse (FFT)-Betriebsablauf für die in Schritt 202 berechnete Fahrzeuggeschwindigkeit V ausgeführt. In dem nächsten Schritt 210 wird die Variable N um 1 inkrementiert.

[0052] Unterdessen resultiert dann, wenn die FFT-Operation für eine durch den tatsächlichen Betrieb eines Fahrzeug auf einer allgemeinen Straße gelieferte Radgeschwindigkeit ausgeführt wird, normalerweise eine sehr zufällige Charakteristik. Dies ist deshalb so, weil Größen und Höhen sehr kleiner Ausnehmungen und Vorsprünge, die auf der Fahrbahnoberfläche vorhanden sind, ziemlich unregelmäßig sind. Infolgedessen ändert sich die Frequenzcharakteristik bzw. -kennlinie jeweils für die Radgeschwindigkeit jeweils in Übereinstimmung mit diesen Daten. Daher wird in Übereinstimmung mit diesem Gesichtspunkt, und um die Änderung der Frequenzcharakteristik so weit als möglich zu reduzieren, nach der Berechnung von Mittelwerten für Ergebnisse der FFT-Operation zu einer Vielzahl von Zeiten eine Bewegungsmittelwertverarbeitung ausgeführt.

[0053] Daher wird in dem nächsten Schritt 212 ermittelt, ob ein Wert der die Anzahl bzw. die Häufigkeit der FFT-Operationen in Schritt 208 repräsentierenden Variablen N eine vorbestimmte Anzahl n0 erreicht. Wenn der Wert die vorbestimmte Anzahl nicht erreicht (d. h. eine verneinende Ermittlung in Schritt 212 vorliegt), kehrt der Betriebsablauf zu Schritt 202 zurück. Demgegenüber schreitet zu einem Zeitpunkt, zu dem der Wert die vorbestimmte Anzahl erreicht (Zeitpunkt entsprechend einer bejahenden Ermittlung in Schritt 212), der Betriebsablauf zu Schritt 214 fort und wird die Bewegungsmittelwertverarbeitung ausgeführt. Gemäß der Bewegungsmittelwertverarbeitung werden ein Mittelwert von Ergebnissen der FFT-Operation zu einer Vielzahl von Zeiten und ein Mittelwert von Verstärkungen der jeweiligen Frequenzkomponenten berechnet. Durch diese Mittelwertverarbeitung kann die Änderung bzw. Schwankung der Ergebnisse der FFT-Operation, die durch die Straßenoberfläche erzeugt wird, reduziert werden.

[0054] Ferner wird in dem nächsten Schritt 216 die nachstehend gezeigte Bewegungsmittelwertverarbeitung ausgeführt. Die Bewegungsmittelwertverarbeitung gemäß diesem Gesichtspunkt wird durch Berechnen einer n-ten Frequenzverstärkung Y_n unter Verwendung der nachstehenden Gleichung (1) ausgeführt:

$$Y_n = (y_{n+1} + Y_{n-1})/2 \quad (1)$$

[0055] Das heißt, daß gemäß der Bewegungsmittelwertverarbeitung die n-te Frequenzverstärkung Y_n als ein Mittelwert einer (n+1)-ten Verstärkung y_{n+1} in dem vorangehenden Berechnungsergebnis und einer (n-1)-ten Frequenzverstärkung Y_{n-1} , die bereits berechnet worden ist, definiert ist. Die Bewegungsmittelwertverarbeitung resultiert in einem Signalverlauf, in dem sich das Ergebnis der FFT-Operation sanft ändert.

[0056] In dem nächsten Schritt 218 wird basierend auf dem durch die Bewegungsmittelwertverarbeitung geglätte-

ten Ergebnis der FFT-Operation eine Resonanzfrequenz f für die Vorwärts- und die Rückwärtsrichtung zwischen bzw. unter den Fahrzeugfedern berechnet. Danach wird die Resonanzfrequenzbetriebsablaufverarbeitung beendet. Ferner wird in diesem Fall die Resonanzfrequenz f in der Vorwärts- und der Rückwärtsrichtung unter den Fahrzeugfedern durch Berechnen der Resonanzfrequenz in einem Frequenzbereich von etwa 30 bis 50 Hz bereitgestellt.

[0057] Das Prinzip, das es ermöglicht, die Resonanzfrequenz f auf der Grundlage des Ergebnisses der Analyse der Frequenz des durch den Radgeschwindigkeitssensor erfaßten Signals abzuleiten, ist wie in der japanischen Patentregistrierung Nr. 2836652 beschrieben gut bekannt. Daher wird eine Erklärung desselben an dieser Stelle weggelassen.

[0058] Wenn die Resonanzfrequenzbetriebsablaufverarbeitung beendet ist, schreitet der Betriebsablauf zu Schritt 102 von Fig. 2A und 2B fort. Im Einzelnen wird die von der Resonanzfrequenzbetriebsablaufverarbeitung in Schritt 100 berechnete Resonanzfrequenz in dem RAM der ECU 12 gespeichert und in dem nächsten Schritt 104 der Wert der Variablen n um 1 inkrementiert. Ferner repräsentiert die Variable n die Anzahl von Iterationen zum Berechnen der Resonanzfrequenz und ist auf 0 (Null) gesetzt, wenn die Reifenluftdruckbestimmungsverarbeitung durch die Reifenluftdruckbestimmungsvorrichtung 10 zum ersten Mal ausgeführt wird.

[0059] In dem nächsten Schritt 106 wird ermittelt, ob der Wert der Variablen n gleich einem oder größer als ein vorbestimmter Wert NX ist. Wenn der Wert nicht gleich dem oder größer als der vorbestimmte Wert NX ist (d. h. bei einer verneinenden Ermittlung in Schritt 106), endet die Reifenluftdruckbestimmungsverarbeitung, ohne danach eine Verarbeitung auszuführen. Wenn der Wert gleich dem oder größer als der vorbestimmte Wert NX (d. h. bei einer bejahenden Ermittlung in Schritt 106), schreitet der Betriebsablauf zu Schritt 108 fort.

[0060] In Schritt 108 wird 0 für die Variable n substituiert, und in dem nächsten Schritt 110 wird ein Quadrat einer Varianz der Resonanzfrequenzen f_i ($i = 1, 2, \dots, NX$), die bis zu dieser Zeit in dem RAM der ECU 12 akkumuliert wurden, unter Verwendung der nachstehend gezeigten Formel (2) berechnet:

$$\sigma^2 = \frac{1}{NX} \sum_{i=1}^{NX} (f_i - f_{AVF})^2 \quad (2)$$

worin

$$f_{AVF} = \left(= \frac{1}{NX} \sum_{i=1}^{NX} f_i \right)$$

der Mittelwert der Resonanzfrequenz f_i ist.

[0061] In dem nächsten Schritt 112 wird ermittelt, ob das Quadrat des in Schritt 110 berechneten Varianzwerts kleiner ist als ein vorbestimmter Wert S. Wenn das Quadrat der Varianz kleiner ist als der vorbestimmte Wert S (d. h. bei einer bejahenden Ermittlung), schreitet der Betriebsablauf zu Schritt 114 fort und wird der Luftdruck P aus dem mittleren Wert f_{AVF} der in Schritt 119 berechneten Resonanzfrequenz und in Übereinstimmung mit der in Fig. 4 gezeigten Beziehung zwischen der Resonanzfrequenz und dem Luftdruck bestimmt. Ferner wird die Beziehung zwischen der Resonanzfrequenz und dem Luftdruck in dem ROM der ECU 12 oder dergleichen in Form einer Tabelle gespeichert.

[0062] Unterdessen schreitet dann, wenn in Schritt 112 ermittelt wird, daß das Quadrat des Varianzwerts nicht kleiner ist als der vorbestimmte Wert S (d. h. bei einer verneinenden

Ermittlung), der Betriebsablauf zu Schritt 116 fort, wird der dynamische Lastradius auf der Grundlage der Radgeschwindigkeit aus den von den jeweiligen Radgeschwindigkeitssensoren 16A bis 16D zu dieser Zeit ausgegebenen Wechselstromsignalen berechnet, und wird der Luftdruck P auf der Grundlage des berechneten dynamischen Lastradius bestimmt.

[0063] Das heißt, daß zunächst die jeweils von den Radgeschwindigkeitssensoren 16A bis 16D ausgegebenen Wechselstromsignale der Signalformung unterzogen werden, um dadurch Impulssignale zu erzeugen. Danach werden auf der Grundlage des Zeitintervalls zwischen den Impulsen die Radgeschwindigkeiten der jeweiligen Räder bzw. Reifen ermittelt. Danach wird ein Mittelwert VAVE der jeweiligen Radgeschwindigkeiten berechnet.

[0064] Sodann wird der Luftdruck P auf der Grundlage der berechneten Radgeschwindigkeit VAVE berechnet:

$$P = (V_{AVE}/V) \times P_{ni} \quad (3)$$

[0065] Hier gibt "V" die Radgeschwindigkeit des Reifens 20A auf der Grundlage des von dem Radgeschwindigkeitssensor 16A zu dieser Zeit ausgegebenen Wechselstromsignals an, und gibt "P_{ni}" einen konstanten Standardreifenluftdruck an.

[0066] Ferner gibt in Gleichung (3) der Ausdruck VAVE/V ein Verhältnis gleich dem Verhältnis des dynamischen Lastradius für den Reifen an.

[0067] In dem nächsten Schritt 118 wird ermittelt, ob der durch entweder den Schritt 114 oder 116 bestimmte Wert des Luftdrucks P kleiner ist als eine vorbestimmte Schwelle Pt. Wenn der Wert kleiner ist als die vorbestimmte Schwelle Pt (d. h. bei einer bejahenden Ermittlung), schreitet der Betriebsablauf zu Schritt 120 fort und wird ein Steuersignal zum Betrieb der Wameinrichtung 14 ausgegeben. Nach der Ausgabe eines Alarms, der einem Passagier des Fahrzeuges anzeigt, daß der Reifenluftdruck abnormal ist, wird die Reifenluftdruckbestimmungsverarbeitung beendet. Wenn der Wert nicht kleiner ist als die vorbestimmte Schwelle Pt (d. h. bei einer verneinenden Ermittlung), wird ermittelt, daß der Reifenluftdruck normal ist, und wird die Reifenluftdruckbestimmungsverarbeitung beendet, ohne die Verarbeitung des Schritts 120 auszuführen.

[0068] Die Komponente zur Ausführung der Verarbeitung von Schritt 100 in der Reifenluftdruckbestimmungsvorrichtung 10 entspricht einer Extraktionskomponente gemäß der Erfindung; die Komponente zur Ausführung der Verarbeitung von Schritt 114 entspricht einer ersten Bestimmungskomponente gemäß der Erfindung; die Komponente zur Ausführung der Verarbeitung von Schritt 116 entspricht einer Ableitkomponente gemäß der Erfindung; und eine zweite Bestimmungskomponente gemäß der Erfindung und die Komponente zur Ausführung der Verarbeitung von Schritt 112 entsprechen einer Umschaltkomponente gemäß der Erfindung.

[0069] Wie vorstehend im Einzelnen erklärt wurde, werden bei der Reifenluftdruckbestimmungsvorrichtung 10 gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel die Bestimmung des Reifenluftdrucks auf der Grundlage der Resonanzfrequenz und die Bestimmung des Reifenluftdrucks auf der Grundlage des dynamischen Lastradius für die selektive Umschaltung in Übereinstimmung mit dem Varianzwert der Resonanzfrequenzen zu einer Vielzahl von Zeitpunkten angewandt. Daher kann der Reifenluftdruck unabhängig von den verschiedenen an einem Fahrzeug angebrachten Elementen mit hoher Genauigkeit aus einem Betrieb bei niedrigen bis hohen Geschwindigkeiten bestimmt werden.

[0070] Ferner ist, obwohl in Übereinstimmung mit dem

ersten Ausführungsbeispiel eine Erklärung zur Anwendung des Varianzwerts einer Vielzahl der Resonanzfrequenzen als einen statistischen Wert gegeben wurde, die Erfindung nicht darauf beschränkt. Beispielsweise kann ein alternatives Ausführungsbeispiel vorliegen, in dem ein Versatz bzw. Bias oder eine Kurtosis bzw. Exzeß oder Wölbung als der statistische Wert einer Vielzahl von Resonanzfrequenzen angewandt wird.

[0071] Hierbei ist der Versatz ein Maß gemäß einer Verschiebungsgröße aus einer Normalverteilung in einem Histogramm der Resonanzfrequenz, wie durch Fig. 5A gezeigt ist. Die Kurtosis ist ein einzelner bzw. punktierter Grad der Normalverteilung in dem Histogramm der Resonanzfrequenz, wie durch Fig. 5B gezeigt ist. In diesem Fall kann eine Wirkung ähnlich zu der des ersten bevorzugten Ausführungsbeispiels erreicht werden.

Zweites Ausführungsbeispiel

[0072] Nachstehend wird ein zweites bevorzugtes Ausführungsbeispiel erklärt. In dieser Hinsicht ist der physische Aufbau der Reifenluftdruckbestimmungsvorrichtung 10 gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel ähnlich zu dem der Reifenluftdruckbestimmungsvorrichtung 10 gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel (vgl. Fig. 1). Daher wird eine Erklärung desselben an dieser Stelle weggelassen.

[0073] Anstelle dessen wird eine Erklärung des Betriebsablaufs der Reifenluftdruckbestimmungsvorrichtung 10 gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel unter Bezugnahme auf Fig. 6A und 6B gegeben. Fig. 6A und 6B sind Ablaufdiagramme, die den Ablauf eines Reifenluftdruckbestimmungs-Verarbeitungsprogramms zeigen, das durch die CPU der ECU 12 in vorbestimmten Zeitintervallen wiederholt ausgeführt wird, wobei das Programm zuvor in dem ROM der ECU 12 gespeichert wurde. Da die ECU 12 eine vergleichbare Verarbeitung für jeden der Reifen 20A bis 20D ausführt, wird hier eine Erklärung nur der Verarbeitung für den Reifen 20A gegeben.

[0074] Zunächst wird in Schritt 300 das von dem Fahrzeug- bzw. Radgeschwindigkeitssensor 16A ausgegebene Wechselstromsignal einer Signalverlaufformung unterzogen, um dadurch Impulssignale zu erzeugen, und danach wird auf der Grundlage des Zeitintervalls zwischen den Impulsen die Radgeschwindigkeit V berechnet.

[0075] Die Fahrzeuggeschwindigkeit V beinhaltet normalerweise eine Anzahl hoher Frequenzkomponenten einschließlich Frequenzkomponenten von Schwingungen des Reifens.

[0076] In dem nächsten Schritt 302 wird eine mittlere Radgeschwindigkeit Vav berechnet, welche ein Mittelwert der Fahrzeuggeschwindigkeiten V ist, die in Schritt 300 bis zu dieser Zeit berechnet wurden. In dem nächsten Schritt 304 wird eine Resonanzfrequenzbetriebsablaufverarbeitung ähnlich zu der Resonanzfrequenzbetriebsablaufverarbeitung gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel (vgl. Fig. 3) ausgeführt. In dem nächsten Schritt 306 wird ähnlich zu dem Schritt 114 des Reifenluftdruckbestimmungs-Verarbeitungsprogramms gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel (vgl. Fig. 2A und 2B) der Luftdruck P des Reifens auf der Grundlage der durch den Schritt S304 bereitgestellten Resonanzfrequenz bestimmt.

[0077] In dem nächsten Schritt 308 wird ermittelt, ob die in Schritt 300 berechnete Radgeschwindigkeit V gleich der oder größer als die Schwelle Vth ist. Wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit V gleich der oder größer als die Schwelle Vth ist (d. h. bei einer bejahenden Ermittlung), schreitet der Betriebsablauf zu Schritt 310 fort und wird ähnlich zu dem Schritt 116 des Reifenluftdruckbestimmungs-Verarbeitungs-

tungsprogramms gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der Luftdruck auf der Grundlage des dynamischen Lastradius des Reifens bestimmt. Danach schreitet der Betriebsablauf zu Schritt 326 fort, und wenn die Radgeschwindigkeit V nicht gleich der oder größer als die Schwelle V_{th} ist (d. h. bei einer verneinenden Ermittlung), schreitet der Betriebsablauf zu Schritt 312 fort, ohne die Verarbeitung des Schritts 310 auszuführen. Hinsichtlich der vorbestimmten Schwelle V_{th} zu Beginn der Verarbeitung ist die anwendbare Radgeschwindigkeit in Entsprechung zu der Fahrzeuggeschwindigkeit mit der Resonanzfrequenz in dem Frequenzbereich von etwa 30 bis 50 Hz in dem spektralen Leistungspegel des Fahrzeuggeschwindigkeitssignals in einem Fahrzeug mit verschiedenen, durch Experimente oder Computersimulationen bereitgestellten Standardelementen schwierig zu erfassen.

[0078] In Schritt 312 wird ermittelt, ob die Anzahl der Bestimmungen des Luftdrucks P (hier die Anzahl Bestimmungen des Luftdrucks P über die Resonanzfrequenz) den vorbestimmten Wert NX überschreitet. Wenn die Anzahl den vorbestimmten Wert nicht überschreitet (d. h. bei einer verneinenden Ermittlung), kehrt der Betriebsablauf zu Schritt 300 zurück. Zu einem Zeitpunkt, zu dem die Zahl den vorbestimmten Wert überschreitet (dem Zeitpunkt einer bejahenden Ermittlung), schreitet der Betriebsablauf zu Schritt 314 fort.

[0079] Durch iterative Verarbeitung der Schritte 300 bis 312 werden NX Teile der Resonanzfrequenzen und die mittlere Radgeschwindigkeit V_{av} , die den während des Zeitraums der iterativen Verarbeitung berechneten Mittelwert der Radgeschwindigkeit V umfaßt, bereitgestellt.

[0080] Der durch den dynamischen Lastradius bestimmte Luftdruck P wird zu einem Zeitpunkt bereitgestellt, zu dem die iterative Verarbeitung beendet worden ist und zu dem die letzte berechnete Fahrzeuggeschwindigkeit V gleich der oder größer als die vorbestimmte Schwelle V_{th} ist. Der durch die Resonanzfrequenz bestimmte Luftdruck P wird bereitgestellt, wenn die zuletzt berechnete Radgeschwindigkeit V kleiner ist als die vorbestimmte Schwelle V_{th} .

[0081] In Schritt 314 wird ein Varianzwert von NX Teilen der Resonanzfrequenzen ähnlich zu Schritt 110 des Reifenluftdruckbestimmung-Verarbeitungsprogramms gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel berechnet.

[0082] In dem nächsten Schritt 316 wird ermittelt, ob der in Schritt 314 berechnete Varianzwert kleiner ist als ein vorbestimmter Wert S . Wenn der Varianzwert kleiner ist als der vorbestimmte Wert S (d. h. bei einer bejahenden Ermittlung), schreitet der Betriebsablauf zu Schritt 318 fort und wird ermittelt, ob die vorbestimmte Schwelle V_{th} gleich der oder kleiner als die mittlere Radgeschwindigkeit V_{av} ist. In dem Fall einer bejahenden Ermittlung schreitet der Betriebsablauf zu Schritt 320 fort und wird die vorbestimmte Schwelle V_{th} durch die mittlere Radgeschwindigkeit V_{av} ersetzt. Danach schreitet der Betriebsablauf zu Schritt 326 fort. In dem Fall einer negativen Bestimmung schreitet der Betriebsablauf zu Schritt 326 fort, ohne die Verarbeitung von Schritt 320 auszuführen.

[0083] Unterdessen schreitet dann, wenn in Schritt 316 ermittelt wird, daß der Varianzwert nicht kleiner ist als der vorbestimmte Wert S (d. h. bei einer verneinenden Ermittlung), der Betriebsablauf zu Schritt 322 fort, in dem ermittelt wird, ob die Schwelle V_{th} gleich der oder größer als die mittlere Radgeschwindigkeit V_{av} ist. In dem Fall einer bejahenden Ermittlung schreitet der Betriebsablauf zu Schritt 324 fort, in dem die vorbestimmte Schwelle V_{th} durch einen Wert ersetzt wird, der durch Subtrahieren eines vorbestimmten Versatz- bzw. Offsetwerts V_{of} von der mittleren Radgeschwindigkeit V_{av} erzeugt wird. Danach schreitet der Be-

triebsablauf zu Schritt 326 fort. In dem Fall einer negativen Ermittlung schreitet der Betriebsablauf zu Schritt 326 fort, ohne die Verarbeitung von Schritt 324 auszuführen.

[0084] Das heißt, daß in dem Fall, in dem der Varianzwert kleiner als der vorbestimmte Wert S ist und die vorbestimmte Schwelle V_{th} die mittlere Radgeschwindigkeit V_{av} ist, davon ausgegangen wird, daß die Genauigkeit für die Bestimmung des Luftdrucks über die Resonanzfrequenz größer ist und die vorbestimmte Schwelle V_{th} durch die mittlere Radgeschwindigkeit V_{av} ersetzt ist. Dadurch kann die vorbestimmte Schwelle V_{th} auf einen höheren Wert als zuvor erhöht werden. Infolgedessen erlaubt der Betriebsablauf auf einfache Art und Weise eine Bestimmung des Luftdrucks auf der Grundlage der Resonanzfrequenz.

[0085] Unterdessen wird dann, wenn der Varianzwert der vorbestimmte Wert S ist und wenn die vorbestimmte Schwelle V_{th} die mittlere Radgeschwindigkeit V_{av} ist, davon ausgegangen, daß die Genauigkeit zur Bestimmung des Luftdrucks über den dynamischen Lastradius größer als diejenige über die Resonanzfrequenz ist und die bestimmte Schwelle V_{th} durch den durch Subtrahieren des vorbestimmten Offsetwerts V_{of} von der mittleren Radgeschwindigkeit V_{av} erzeugten Wert ersetzt ist. Dadurch kann die vorbestimmte Schwelle V_{th} auf einen niedrigeren Wert als zuvor verringert werden. Infolgedessen erlaubt der Betriebsablauf auf einfache Art und Weise eine Bestimmung des Luftdrucks über den dynamischen Lastradius. Als der vorbestimmte Offsetwert V_{of} ist ein fester Wert oder ein Wert in Übereinstimmung mit dem Varianzwert anwendbar. Wenn der Wert in Übereinstimmung mit dem Varianzwert angewandt wird, ist eine Betriebsart anwendbar, in der der für den vorbestimmten Offsetwert V_{of} bereitgestellte Wert mit zunehmendem Varianzwert größer wird.

[0086] In Schritt 326 wird ermittelt, ob der entweder durch Schritt 306 oder Schritt 310 bestimmte Wert des Luftdrucks P kleiner ist als die vorbestimmte Schwelle P_t . Wenn der Wert kleiner ist als die vorbestimmte Schwelle P_t (d. h. bei einer bejahenden Ermittlung), schreitet der Betriebsablauf zu Schritt 328 fort, wird ein Steuersignal für den Betrieb der Warneinrichtung 14 ausgegeben, um einen Alarm auszusenden, der einem Passagier des Fahrzeugs anzeigt, daß der Reifenluftdruck abnormal ist, und wird die Reifenluftdruckbestimmungsverarbeitung beendet. Wenn der Wert nicht kleiner ist als die vorbestimmte Schwelle P_t (d. h. bei einer verneinenden Ermittlung), wird davon ausgegangen, daß der Reifenluftdruck normal ist, und endet die Reifenluftdruckbestimmungsverarbeitung, ohne die Verarbeitung des Schritts 328 auszuführen.

[0087] Bei der Reifenluftdruckbestimmungsvorrichtung 10 entspricht die Komponente zur Ausführung der Verarbeitung von Schritt 304 einer Extraktionskomponente gemäß der Erfindung; entspricht die Komponente zur Ausführung der Verarbeitung von Schritt 306 der ersten Bestimmungskomponente gemäß der Erfindung; entspricht die Komponente zur Ausführung der Verarbeitung von Schritt 310 einer Ableitkomponente und einer zweiten Bestimmungskomponente gemäß der Erfindung; entspricht die Komponente zur Ausführung der Verarbeitung von Schritt 308 einer Bestimmungsumschaltkomponente gemäß der Erfindung; und entspricht die Komponente zur Ausführung der Verarbeitung der Schritte 316 bis 324 einer Festlegekomponente gemäß der Erfindung.

[0088] Wie vorstehend im Einzelnen erklärt wurde, wird bei der Reifenluftdruckbestimmungsvorrichtung 10 gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel dann, wenn die Radgeschwindigkeit V kleiner als die vorbestimmte Schwelle V_{th} ist, der Betriebsablauf umgeschaltet, um den Reifenluftdruck auf der Grundlage der Resonanzfrequenz zu bestimm-

men. Wenn die Radgeschwindigkeit V gleich der oder größer als die vorbestimmte Schwelle V_{th} ist, wird der Betriebsablauf umgeschaltet, um den Reifenluftdruck auf der Grundlage des dynamischen Lastradius zu bestimmen, und wird die vorbestimmte Schwelle V_{th} auf der Grundlage des Varianzwerts der Resonanzfrequenz festgelegt. Demgemäß kann der Reifenluftdruck unabhängig von verschiedenen an dem Fahrzeug angebrachten Elementen mit größerer Genauigkeit aus dem Betrieb bei niedrigen bis hohen Geschwindigkeiten bestimmt werden.

[0089] Ferner nimmt bei der Reifenluftdruckbestimmungsvorrichtung 10 gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel die vorbestimmte Schwelle V_{th} in Übereinstimmung mit dem Varianzwert der Resonanzfrequenz zu oder ab, wodurch ein stabiles Leistungsvermögen unterstützt wird.

Drittes Ausführungsbeispiel

[0090] Nachstehend wird für ein drittes bevorzugtes Ausführungsbeispiel eine Erklärung eines Beispiels einer Alternative zu dem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung wie folgt gegeben. In dieser Hinsicht ist die physische Struktur der Reifenluftdruckbestimmungsvorrichtung 10 gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel zu der physischen Struktur der Reifenluftdruckbestimmungsvorrichtung 10 gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel (vgl. Fig. 1) ähnlich. Demgemäß wird eine Erklärung derselben an dieser Stelle weggelassen.

[0091] Nachstehend wird der Betriebsablauf der Reifenluftdruckbestimmungsvorrichtung 10 gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel unter Bezugnahme auf Fig. 7A und 7B wie folgt gegeben. Fig. 7A und 7B sind Ablaufdiagramme, die den Ablauf für ein Reifenluftdruckbestimmungs-Verarbeitungsprogramm zeigen, das durch die CPU der ECU 12 iterativ in vorbestimmten Zeitintervallen ausgeführt wird, wobei das Programm zuvor in dem ROM der ECU 12 gespeichert wurde. Ferner führt die ECU 12 eine ähnliche Verarbeitung für die jeweiligen Reifen 20A bis 20D aus, so daß daher hier eine Erklärung nur der Verarbeitung für den Reifen 20A gegeben wird.

[0092] Zunächst wird in Schritt 400 ein von dem Fahrzeug- bzw. Radgeschwindigkeitssensor 16A ausgegebenes Wechselstromsignal einer Signalformung unterworfen, um dadurch Impulssignale zu erzeugen. Danach wird auf der Grundlage des Zeitintervalls zwischen den Impulsen die Radgeschwindigkeit V berechnet. Die Radgeschwindigkeit V beinhaltet normalerweise eine Anzahl hoher Frequenzkomponenten einschließlich Frequenzkomponenten von Schwingungen des Reifens.

[0093] In dem nächsten Schritt 402 wird ermittelt, ob die in Schritt 400 berechnete Radgeschwindigkeit V gleich der oder kleiner als die vorbestimmte Schwelle V_{th} ist. Wenn die Radgeschwindigkeit V gleich der oder kleiner als die vorbestimmte Schwelle V_{th} ist (d. h. bei einer bejahenden Ermittlung), schreitet der Betriebsablauf zu Schritt 404 fort, in dem die mittlere Radgeschwindigkeit V_{av} berechnet wird, die einen Mittelwert der Radgeschwindigkeiten V umfaßt, die in Schritt 400 bis zu dieser Zeit berechnet wurden. In dem nächsten Schritt 406 wird die Resonanzfrequenzbetriebsablaufverarbeitung ähnlich zu der Resonanzfrequenzbetriebsablaufverarbeitung gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel (vgl. Fig. 3) ausgeführt. In dem nächsten Schritt 408 wird der Luftdruck P des Reifens auf der Grundlage der durch Schritt 406 bereitgestellten Resonanzfrequenz bestimmt, ähnlich zu Schritt 114 des Reifenluftdruckbestimmungs-Verarbeitungsprogramms gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel (vgl. Fig. 2A und 2B). Danach schreitet der Betriebsablauf zu Schritt 412 fort.

[0094] Unterdessen schreitet dann, wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit V in Schritt 402 nicht gleich der oder kleiner als die vorbestimmte Schwelle V_{th} ist (d. h. bei einer verneinenden Ermittlung), der Betriebsablauf zu Schritt 410 fort, in dem der Luftdruck P auf der Grundlage des dynamischen Lastradius des Reifens bestimmt wird, ähnlich zu Schritt 116 des Reifenluftdruckbestimmungs-Verarbeitungsprogramms gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel. Danach schreitet der Betriebsablauf zu Schritt 420 fort.

[0095] Als die vorbestimmte Schwelle V_{th} kann zu Beginn der Verarbeitung die Radgeschwindigkeit in Entsprechung zu der Fahrzeuggeschwindigkeit angewandt werden, wenn es schwierig wird, die Resonanzfrequenz in einem Frequenzbereich von etwa 30 bis 50 Hz in dem spektralen

Leistungspegel des Radgeschwindigkeitssignals eines Fahrzeugs mit verschiedenen, durch Versuche oder Computersimulationen bereitgestellten Standardelementen zu erfassen.

[0096] In Schritt 412 wird ermittelt, ob die Anzahl von Bestimmungen des Luftdrucks P (die Anzahl von Bestimmungen des Luftdrucks P über die Resonanzfrequenz) den vorbestimmten Wert NX überschreitet. Wenn die Anzahl den vorbestimmten Wert NX nicht überschreitet (d. h. bei einer verneinenden Ermittlung), kehrt der Betriebsablauf zu Schritt 400 zurück. Der Betriebsablauf schreitet zu einem Zeitpunkt, zu dem die Anzahl den vorbestimmten Wert NX überschreitet (dem Zeitpunkt einer bejahenden Ermittlung), zu Schritt 414 fort.

[0097] Durch die iterative Verarbeitung der Schritte 400 bis 412 werden NX Teile der Resonanzfrequenzen und die mittlere Geschwindigkeit V_{av} bereitgestellt, die den Mittelwert der Radgeschwindigkeiten V umfaßt, welche während des Zeitraums der iterativen Verarbeitung berechnet wurden.

[0098] Zu einem Zeitpunkt, zu dem die iterative Verarbeitung beendet worden ist, und wenn die Radgeschwindigkeit V , die zuletzt berechnet wurde, die vorbestimmte Schwelle V_{th} überschreitet, wird der durch den dynamischen Lastradius bestimmte Luftdruck P bereitgestellt. Wenn die Radgeschwindigkeit V , die zuletzt berechnet wurde, gleich der oder kleiner als die vorbestimmte Schwelle V_{th} ist, wird der durch die Resonanzfrequenz bestimmte Luftdruck P bereitgestellt.

[0099] In Schritt 414 wird ein Varianzwert aus NX Teilen der Resonanzfrequenzen berechnet, ähnlich zu Schritt 110 des Reifenluftdruckbestimmungs-Verarbeitungsprogramms gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel.

[0100] In dem nächsten Schritt 416 wird ermittelt, ob der in Schritt 414 berechnete Varianzwert kleiner ist als der vorbestimmte Wert S . Wenn der Varianzwert nicht kleiner ist als der vorbestimmte Wert S (d. h. bei einer verneinenden Ermittlung), schreitet der Betriebsablauf zu Schritt 418 fort, und die vorbestimmte Schwelle V_{th} wird durch einen durch Subtrahieren eines vorbestimmten Offsetwerts V_{of} von der mittleren Radgeschwindigkeit V_{av} erzeugten Wert ersetzt. Danach schreitet der Betriebsablauf zu Schritt 420 fort. Wenn der Varianzwert kleiner ist als der vorbestimmte Wert S (d. h. bei einer bejahenden Ermittlung), schreitet der Betriebsablauf zu Schritt 420 fort, ohne die Verarbeitung des Schritts 418 auszuführen.

[0101] Das heißt, daß durch die Verarbeitung der Schritte 416 und 418 in dem Fall, in dem der Varianzwert kleiner ist als der vorbestimmte Wert S , die vorbestimmte Schwelle V_{th} nicht verändert wird. Wenn der Varianzwert gleich dem vorbestimmten bzw. der vorbestimmte Wert S ist, wird davon ausgegangen, daß die Bestimmungsgenauigkeit des Luftdrucks durch den dynamischen Lastmittelwert bzw. -radius größer ist als diejenige der Bestimmung durch die Resonanzfrequenz, und wird die vorbestimmte Schwelle V_{th}

durch den durch Subtrahieren des vorbestimmten Offsetwerts V_{of} von der mittleren Radgeschwindigkeit V_{av} erzeugten Wert ersetzt. Dadurch kann die vorbestimmte Schwelle V_{th} auf einen kleineren Wert als zuvor verringert werden. Infolgedessen erlaubt der Betriebsablauf auf einfache Art und Weise die Bestimmung des Luftdrucks über den dynamischen Lastradius. Ferner kann als der Offsetwert V_{of} ein fester Wert oder ein Wert in Übereinstimmung mit dem Varianzwert angewandt werden, und ist dann, wenn der Wert in Übereinstimmung mit dem Varianzwert angewandt wird, eine Betriebsart anwendbar, in welcher die Größe des vorbestimmten Offsetwerts V_{of} mit zunehmendem Varianzwert größer wird.

[0102] In Schritt 420 wird ermittelt, ob der Wert des Luftdrucks P durch entweder Schritt 408 oder Schritt 410 kleiner ist als die vorbestimmte Schwelle P_t . Wenn der Wert kleiner ist als die vorbestimmte Schwelle P_t (d. h. bei einer bejahenden Ermittlung), schreitet der Betriebsablauf zu Schritt 422 fort und wird ein Steuersignal zum Betreiben der Warneinrichtung 14 ausgegeben, um einen Alarm auszusenden, der einem Passagier des Fahrzeugs anzeigt, daß der Reifenluftdruck abnormal ist. Danach wird die Reifenluftdruckbestimmungsverarbeitung beendet. Wenn der Wert nicht kleiner ist als die vorbestimmte Schwelle P_t (d. h. bei einer verneinenden Ermittlung), wird davon ausgegangen, daß der Reifenluftdruck normal ist, und endet die Reifenluftdruckbestimmungsverarbeitung, ohne die Verarbeitung des Schritts 422 auszuführen.

[0103] In Übereinstimmung mit der Reifenluftdruckbestimmungsvorrichtung 10 entspricht die Komponente zur Ausführung der Verarbeitung von Schritt 406 einer Extraktionskomponente gemäß der Erfindung; entspricht die Komponente zur Ausführung der Verarbeitung von Schritt 408 einer ersten Bestimmungskomponente gemäß der Erfindung; entspricht die Komponente zur Ausführung der Verarbeitung von Schritt 410 einer Ableitkomponente und einer zweiten Bestimmungskomponente gemäß der Erfindung; entspricht die Komponente zur Ausführung der Verarbeitung von Schritt 402 einer Bestimmungsumschaltkomponente gemäß der Erfindung; und entspricht die Komponente zur Ausführung der Verarbeitung von Schritt 416 und 418 einer Festlegekomponente gemäß der Erfindung.

[0104] Wie vorstehend im Einzelnen erklärt wurde, wird in Übereinstimmung mit der Reifenluftdruckbestimmungsvorrichtung 10 gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel dann, wenn die Radgeschwindigkeit V gleich der oder kleiner als die vorbestimmte Schwelle V_{th} ist, der Betriebsablauf umgeschaltet, um den Reifenluftdruck auf der Grundlage der Resonanzfrequenz zu bestimmen, und dann, wenn die Radgeschwindigkeit V die vorbestimmte Schwelle V_{th} überschreitet, der Betriebsablauf umgeschaltet, um den Reifenluftdruck auf der Grundlage des dynamischen Lastradius zu bestimmen, und wird die vorbestimmte Schwelle V_{th} auf der Grundlage des Varianzwerts der Resonanzfrequenz festgelegt. Daher kann der Reifenluftdruck unabhängig von verschiedenen an dem Fahrzeug angebrachten Elementen mit hoher Genauigkeit aus dem Betrieb bei niedrigen bis hohen Geschwindigkeiten bestimmt werden.

[0105] Ferner wird bei der Reifenluftdruckbestimmungsvorrichtung 10 gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel bei einem Betrieb bei hoher Geschwindigkeit die Bestimmung des Luftdrucks durch die Resonanzfrequenz nicht ausgeführt. Daher kann im Vergleich zu der Reifenluftdruckbestimmungsvorrichtung 10 gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel die Verarbeitungslast reduziert werden.

[0106] Obwohl gemäß dem zweiten und dem dritten Ausführungsbeispiel eine Erklärung des Falls der Anwendung des Varianzwerts der Vielzahl der Resonanzfrequenzen als

den statistischen Wert gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung gegeben wurde, ist die Erfindung nicht darauf beschränkt. Beispielsweise kann ein alternatives bevorzugtes Ausführungsbeispiel vorliegen, in welchem der Versatz oder eine Kurtosis der Vielzahl von Resonanzfrequenzen als der statistische Wert angewandt wird.

[0107] Obwohl gemäß dem zweiten und dem dritten Ausführungsbeispiel eine Erklärung des Falls gegeben wurde, in dem die vorbestimmte Schwelle V_{th} durch einen Betriebsablauf basierend auf einer starken oder schwachen Beziehung des Varianzwerts der Resonanzfrequenzen zu dem vorbestimmten Wert S festgelegt wird, ist die Erfindung nicht darauf beschränkt. Beispielsweise kann ein alternatives bevorzugtes Ausführungsbeispiel vorliegen, in welchem eine Tabelle, die eine Beziehung zwischen dem Varianzwert und der vorbestimmten Schwelle V_{th} , gezeigt in Fig. 8, repräsentiert, vorab wird und die vorbestimmte Schwelle V_{th} anhand eines Varianzwerts aus der Tabelle festgelegt wird.

[0108] In diesem Fall kann die vorbestimmte Schwelle V_{th} eindeutig festgelegt werden, ohne eine Operation auszuführen. Daher kann der Verarbeitungszeitraum zum Einstellen der vorbestimmten Schwelle V_{th} verkürzt werden.

[0109] Obwohl gemäß dem zweiten und dem dritten Ausführungsbeispiel eine Erklärung des Falls gegeben wurde, in dem die mittlere Radgeschwindigkeit V_{av} als ein Parameter bei der Änderung der vorbestimmten Schwelle V_{th} angewandt wird, ist die Erfindung nicht darauf beschränkt. Beispielsweise kann ein alternatives Ausführungsbeispiel vorliegen, in welchem anstelle der mittleren Radgeschwindigkeit V_{av} die Radgeschwindigkeit mit einer hohen Auftretshäufigkeit angewandt wird. In diesem Fall kann eine Wirkung ähnlich zu denjenigen des zweiten und des dritten Ausführungsbeispiels erreicht werden.

[0110] Obwohl gemäß einem jeweiligen der Ausführungsbeispiele eine Erklärung des Falls gegeben wurde, in dem die Resonanzfrequenz auf der Grundlage der Radgeschwindigkeit extrahiert wird, ist die Erfindung nicht darauf beschränkt. Beispielsweise kann in einem alternativen Ausführungsbeispiel eine Federkonstante des Reifens auf der Grundlage der Radgeschwindigkeit extrahiert werden.

[0111] Als ein Verfahren zum Extrahieren der Federkonstanten in diesem Fall kann beispielsweise ein Extraktionsverfahren durch ein so genanntes Störungsbeobachtersystem durchgeführt werden, in welchem eine bestimmte Störung auf der Grundlage der Radgeschwindigkeit durch einen Störungsbeobachter berechnet und die Federkonstante des Reifens auf der Grundlage der bestimmten Störung berechnet wird. Ferner ist das Störungsbeobachtersystem im Stand der Technik gut bekannt. Da verschiedene Systeme konventionell vorgeschlagen worden sind, wird eine detaillierte Erklärung derselben an dieser Stelle weggelassen.

[0112] Wie vorstehend beschrieben wurde, ist die Federkonstante der Index mit hoher Korrelation zu bzw. mit der Resonanzfrequenz. Daher kann auch in diesem Fall eine Wirkung ähnlich zu der des bevorzugten Ausführungsbeispiels erreicht werden.

[0113] Das in einem jeweiligen der Ausführungsbeispiele gezeigte Verfahren zum Ableiten der Resonanzfrequenz ist nur ein Beispiel, und es können andere Verfahren zum Ableiten der Resonanzfrequenz auf der Grundlage der Radgeschwindigkeit verwendet werden (zum Beispiel die in den Druckschriften JP-A Nr. 6-297,923, JP-A Nr. 8-219,920 und dergleichen beschriebenen Verfahren).

[0114] Gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der Reifenluftdruckbestimmungsvorrichtung werden die Bestimmung des Luftdrucks durch die erste Bestimmungskomponente zum Bestimmen des Reifenluftdrucks auf der Grundlage der Resonanzfrequenz oder der Federkonstanten des

Reifens und die Bestimmung des Luftdrucks durch die zweite Bestimmungskomponente zum Bestimmen des Reifenluftdruck auf der Grundlage des dynamischen Lastradius zum selektiven Umschalten in Übereinstimmung mit einem auf den Resonanzfrequenzen oder der Federkonstanten des Reifens zu einer Vielzahl von Zeitpunkten basierenden statistischen Wert angewandt. Daher wird unabhängig von verschiedenen an dem Fahrzeug angebrachten Elementen eine Wirkung erreicht, die in der Lage ist, den Reifenluftdruck mit hoher Genauigkeit aus einem Betrieb bei niedrigen bis hohen Geschwindigkeiten zu bestimmen.

[0115] Gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel der Reifenluftdruckbestimmungsvorrichtung wird der Betriebsablauf umgeschaltet, um den Reifenluftdruck durch die erste Bestimmungskomponente zum Bestimmen des Reifenluftdruck auf der Grundlage der Resonanzfrequenz oder der Federkonstanten des Reifens zu bestimmen, wenn die Radgeschwindigkeit kleiner ist als der vorbestimmte Wert. Der Betriebsablauf wird umgeschaltet, um den Reifenluftdruck durch die zweite Komponente zum Bestimmen des Reifenluftdrucks auf der Grundlage des dynamischen Lastradius zu bestimmen, wenn die Radgeschwindigkeit gleich dem oder größer als der vorbestimmte Wert ist. Der vorbestimmte Wert wird auf der Grundlage der Resonanzfrequenz oder der Federkonstanten des Reifens festgelegt. Daher wird unabhängig von verschiedenen an dem Fahrzeug angebrachten Elementen eine Wirkung erreicht, die in der Lage ist, den Reifenluftdruck mit hoher Genauigkeit aus einem Betrieb bei niedrigen bis hohen Geschwindigkeiten zu bestimmen.

[0116] Wie vorstehend beschrieben wurde, stellt somit die Erfindung eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Bestimmen des Reifenluftdrucks mit hoher Genauigkeit aus einem Fahrzeugbetrieb bei niedrigen bis hohen Geschwindigkeiten und unabhängig von verschiedenen an dem Fahrzeug angebrachten Elementen bereit. Die Bestimmung des Reifenluftdrucks basierend auf einer Resonanzfrequenz, die auf der Grundlage eines Radgeschwindigkeitssignals extrahiert wurde, welches von einem Radgeschwindigkeitssensor entsprechend einem jeweiligen Reifen ausgegeben wurde, und die Bestimmung des Reifenluftdrucks basierend auf einem dynamischen Lastradius, der auf der Grundlage des Radgeschwindigkeitssignals abgeleitet wurde, werden dazu verwendet, selektiv in Übereinstimmung mit der Größe eines Varianzwerts der Resonanzfrequenz zu einer Vielzahl von Zeitpunkten umzuschalten.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Bestimmen eines Reifenluftdrucks eines Fahrzeugs auf der Grundlage eines Reifengeschwindigkeitssignals, **gekennzeichnet durch:**
 - eine Extraktionskomponente zum Extrahieren einer Resonanzfrequenz oder einer Federkonstanten des Reifens auf der Grundlage eines Radgeschwindigkeitssignals einschließlich Frequenzkomponenten der Schwingung des Reifens im Betrieb des Fahrzeugs;
 - eine erste Bestimmungskomponente zum Bestimmen des Reifenluftdrucks auf der Grundlage der durch die Extraktionskomponente extrahierten Resonanzfrequenz oder Federkonstanten des Reifens;
 - eine Ableitkomponente zum Ableiten eines dynamischen Lastradius des Reifens auf der Grundlage des Radgeschwindigkeitssignals;
 - eine zweite Bestimmungskomponente zum Bestimmen des Reifenluftdrucks auf der Grundlage des durch die Ableitkomponente abgeleiteten dynamischen Lastradius; und
 - eine Umschaltkomponente zum selektiven Umschalten

der Bestimmung des Luftdrucks durch die erste Bestimmungskomponente und die zweite Bestimmungskomponente in Übereinstimmung mit einem statistischen Wert auf der Grundlage der Resonanzfrequenz oder der Federkonstanten des Reifens zu einer Vielzahl von Zeitpunkten.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der statistische Wert ein Varianzwert, ein Standardabweichungswert, ein Versatz oder eine Kurtosis der Resonanzfrequenz oder der Federkonstanten zu der Vielzahl von Zeitpunkten ist.

3. Vorrichtung zum Bestimmen eines Reifenluftdrucks eines Fahrzeugs auf der Grundlage eines Reifengeschwindigkeitssignals, gekennzeichnet durch:

eine Extraktionskomponente zum Extrahieren einer Resonanzfrequenz oder einer Federkonstanten des Reifens auf der Grundlage eines Radgeschwindigkeitssignals einschließlich Frequenzkomponenten der Schwingung des Reifens im Betrieb des Fahrzeugs;

eine erste Bestimmungskomponente zum Bestimmen des Reifenluftdrucks auf der Grundlage der durch die Extraktionskomponente extrahierten Resonanzfrequenz oder Federkonstanten des Reifens;

eine Ableitkomponente zum Ableiten eines dynamischen Lastradius des Reifens auf der Grundlage des Radgeschwindigkeitssignals;

eine zweite Bestimmungskomponente zum Bestimmen des Reifenluftdrucks auf der Grundlage des durch die Ableitkomponente abgeleiteten dynamischen Lastradius;

eine Radgeschwindigkeitsableitkomponente zum Ableiten einer Radgeschwindigkeit auf der Grundlage des Radgeschwindigkeitssignals;

eine Bestimmungsumschaltkomponente zum Umschalten von der Bestimmung des Reifenluftdrucks durch die erste Bestimmungskomponente, wenn die durch die Radgeschwindigkeitsableitkomponente abgeleitete Radgeschwindigkeit kleiner ist als ein vorbestimmter Wert, und Umschalten zu der Bestimmung des Reifenluftdrucks durch die zweite Bestimmungskomponente, wenn die Radgeschwindigkeit zumindest gleich dem vorbestimmten Wert ist; und

eine Festlegekomponente zum Festlegen des vorbestimmten Werts auf der Grundlage der Resonanzfrequenz oder der Federkonstanten des Reifens.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Festlegekomponente den vorbestimmten Wert in Übereinstimmung mit einem statistischen Wert basierend auf der Resonanzfrequenz oder der Federkonstanten des Reifens zu einer Vielzahl von Zeitpunkten festlegt.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der statistische Wert ein Varianzwert, ein Standardabweichungswert, ein Versatz oder eine Kurtosis der Resonanzfrequenz oder der Federkonstanten zu der Vielzahl von Zeitpunkten ist.

6. Verfahren zum Bestimmen eines Reifenluftdrucks, gekennzeichnet durch die Schritte:

(a) Extrahieren einer Resonanzfrequenz oder einer Federkonstanten des Reifens auf der Grundlage eines Radgeschwindigkeitssignals einschließlich Frequenzkomponenten von Schwingungen eines Reifens bei Betrieb eines Fahrzeugs;

(b) Bestimmen des Reifenluftdrucks auf der Grundlage der extrahierten Resonanzfrequenz oder Federkonstanten des Reifens;

(c) Ableiten eines dynamischen Lastradius des Reifens auf der Grundlage des Radgeschwindig-

keitssignals;

(d) Bestimmen des Reifenluftdrucks auf der Grundlage des abgeleiteten dynamischen Lastradius; und

(e) selektives Umschalten der Bestimmung des Luftdrucks unter Verwendung der Schritte zum Bestimmen des Reifenluftdrucks auf der Grundlage einer Resonanzfrequenz oder einer Federkonstanten, und des dynamischen Lastradius, in Übereinstimmung mit einem statistischen Wert basierend auf der Resonanzfrequenz oder der Federkonstanten des Reifens zu einer Vielzahl von Zeitpunkten.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der statistische Wert ein Varianzwert, ein Standardabweichungswert, ein Versatz oder eine Kurtosis der Resonanzfrequenz oder der Federkonstanten zu der Vielzahl von Zeitpunkten ist.

8. Verfahren zum Bestimmen eines Reifenluftdrucks, gekennzeichnet durch die Schritte:

(a) Extrahieren einer Resonanzfrequenz oder einer Federkonstanten des Reifens auf der Grundlage eines Radgeschwindigkeitssignals einschließlich Frequenzkomponenten von Schwingungen des Reifens bei Betrieb eines Fahrzeugs;

(b) Bestimmen des Reifenluftdrucks auf der Grundlage der extrahierten Resonanzfrequenz oder Federkonstanten des Reifens;

(c) Ableiten eines dynamischen Lastradius des Reifens auf der Grundlage des Radgeschwindigkeitssignals;

(d) Bestimmen des Reifenluftdrucks auf der Grundlage des abgeleiteten dynamischen Lastradius;

(e) Ableiten einer Radgeschwindigkeit auf der Grundlage des Radgeschwindigkeitssignals;

(f) Umschalten von der Bestimmung des Reifenluftdrucks durch den Schritt zum Bestimmen des Reifenluftdrucks auf der Grundlage der Resonanzfrequenz oder des Federkonstantenwerts, wenn die abgeleitete Radgeschwindigkeit kleiner ist als ein vorbestimmter Wert, und zu der Bestimmung des Reifenluftdrucks durch den Schritt zum Bestimmen des Reifenluftdrucks auf der Grundlage des dynamischen Lastradius, wenn die Radgeschwindigkeit zumindest gleich dem vorbestimmten Wert ist; und

(g) Festlegen des vorbestimmten Werts auf der Grundlage der Resonanzfrequenz oder der Federkonstanten des Reifens.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt zum Festlegen des vorbestimmten Werts den vorbestimmten Wert in Übereinstimmung mit einem statistischen Wert basierend auf der Resonanzfrequenz oder der Federkonstanten des Reifens zu einer Vielzahl von Zeitpunkten festlegt.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der statistische Wert ein Varianzwert, ein Standardabweichungswert, ein Versatz oder eine Kurtosis der Resonanzfrequenz oder der Federkonstanten zu der Vielzahl von Zeitpunkten ist.

Hierzu 13 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

FIG.1

REIFENLUFTDRUCKBESTIMMUNGSVORRICHTUNG 10

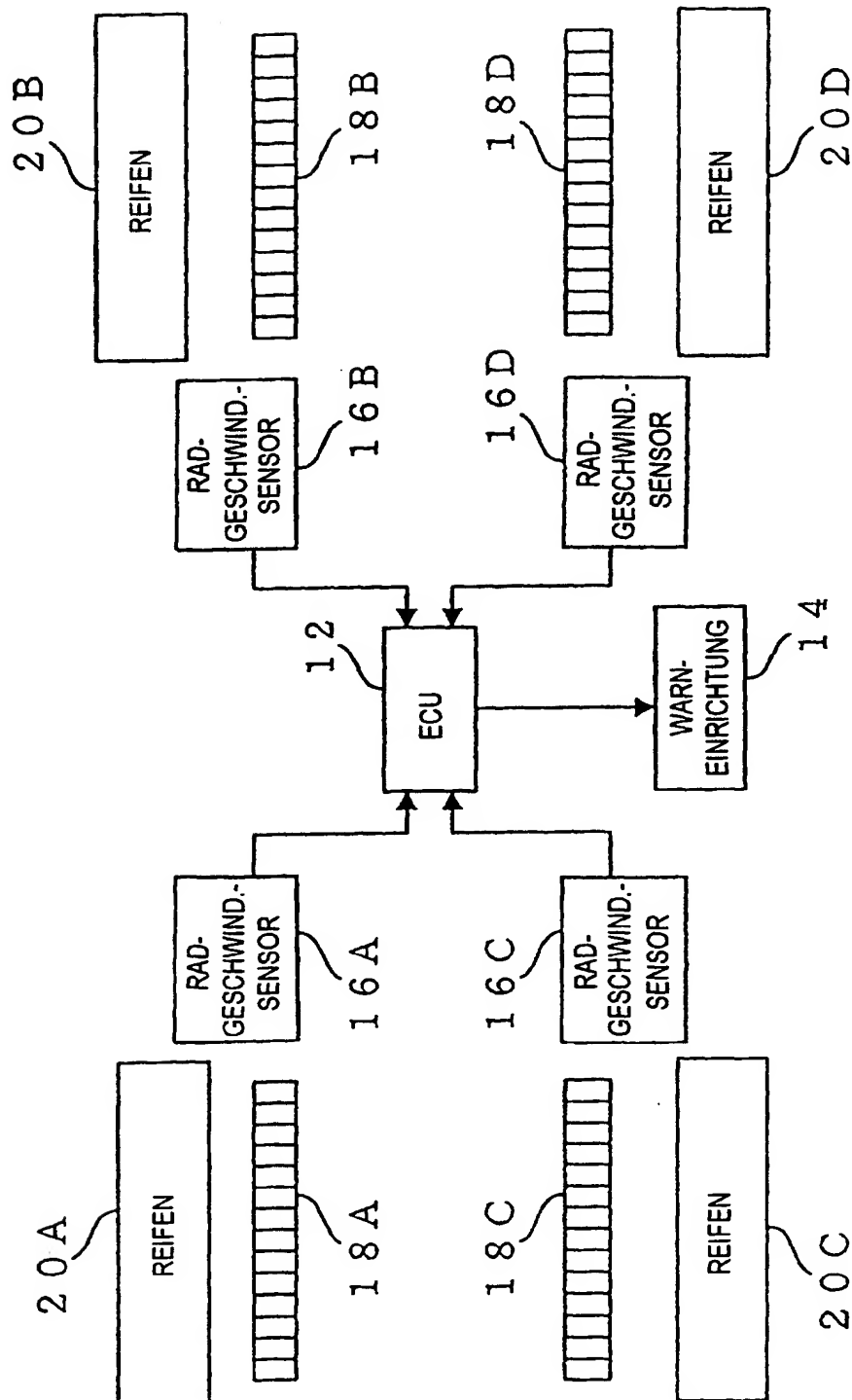


FIG.2A

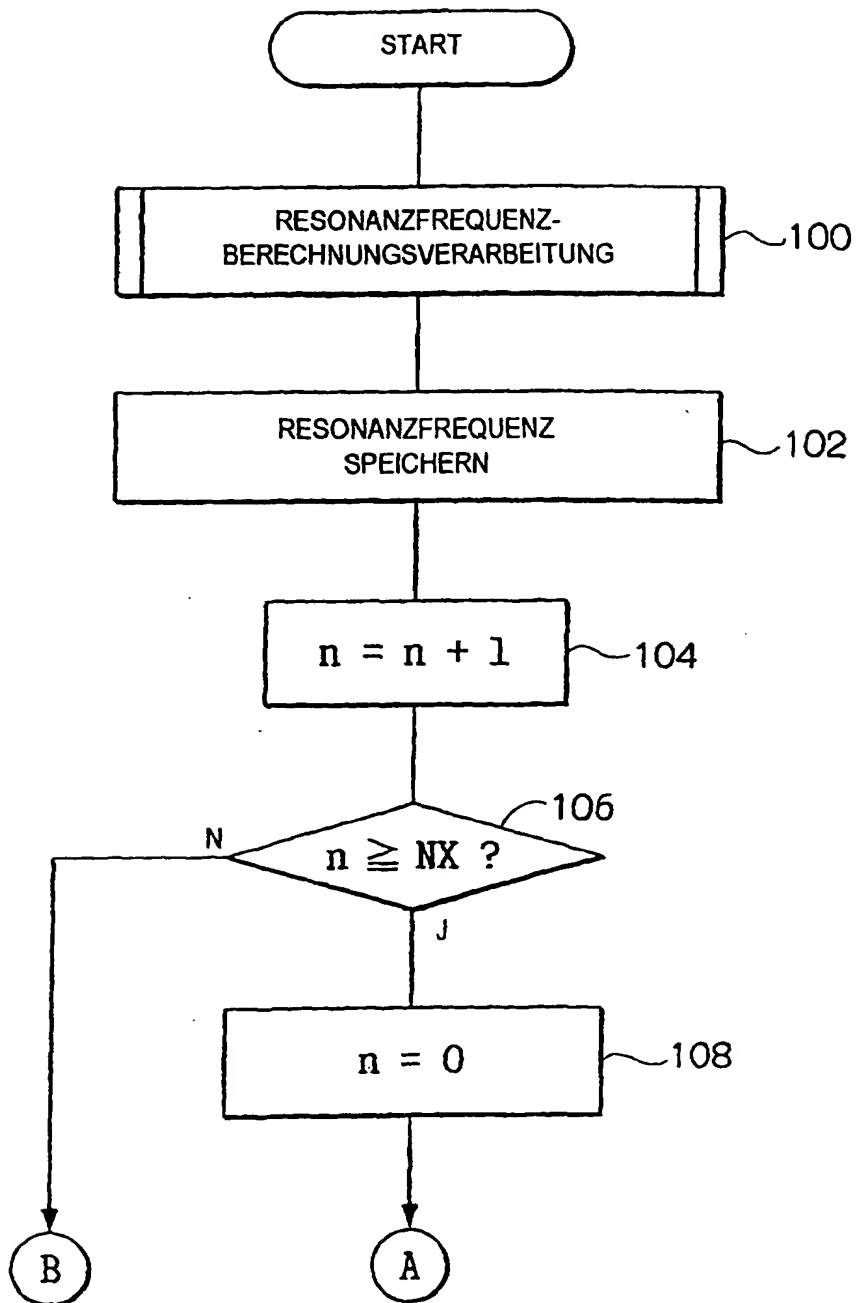


FIG.2B

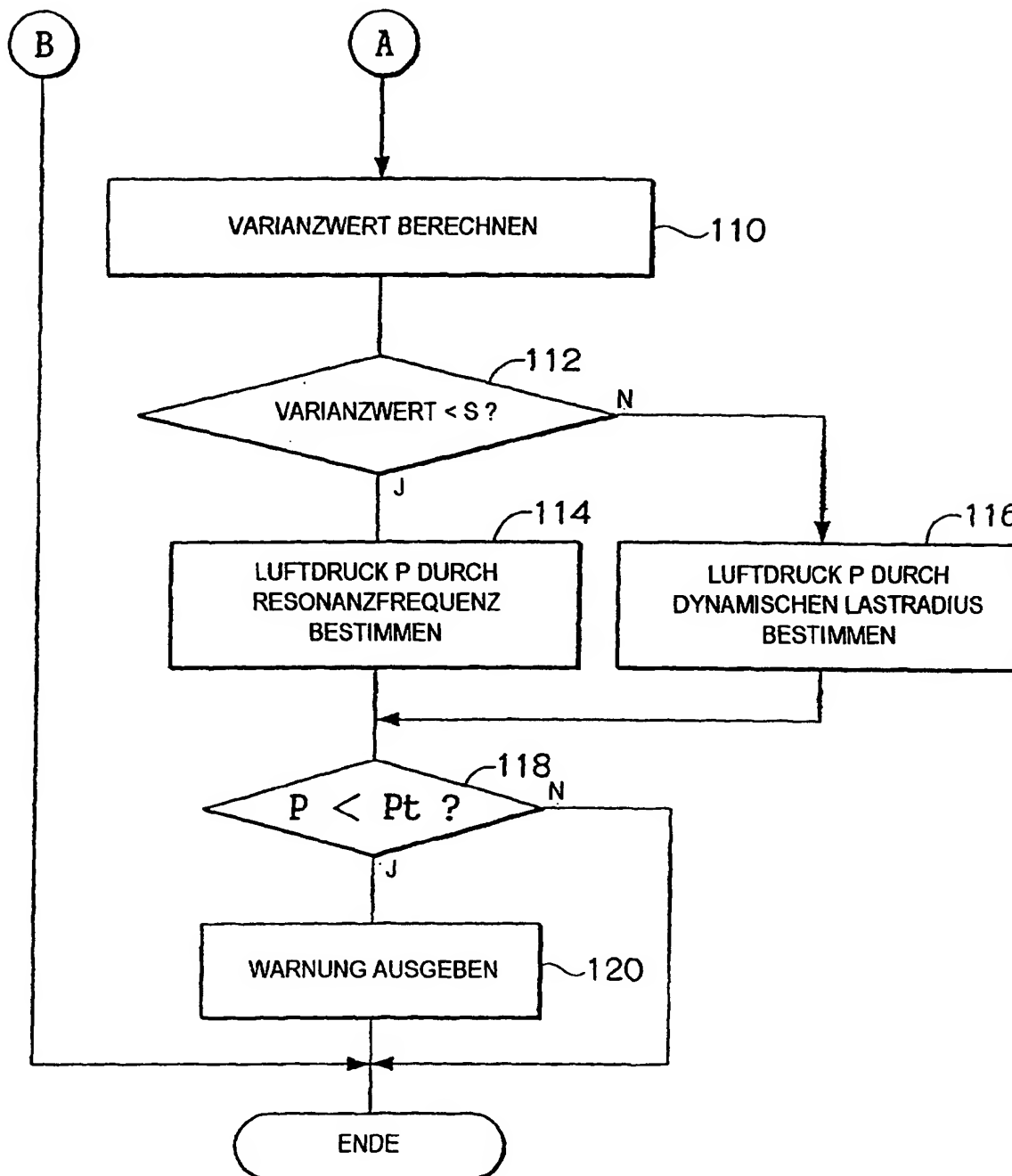


FIG.3

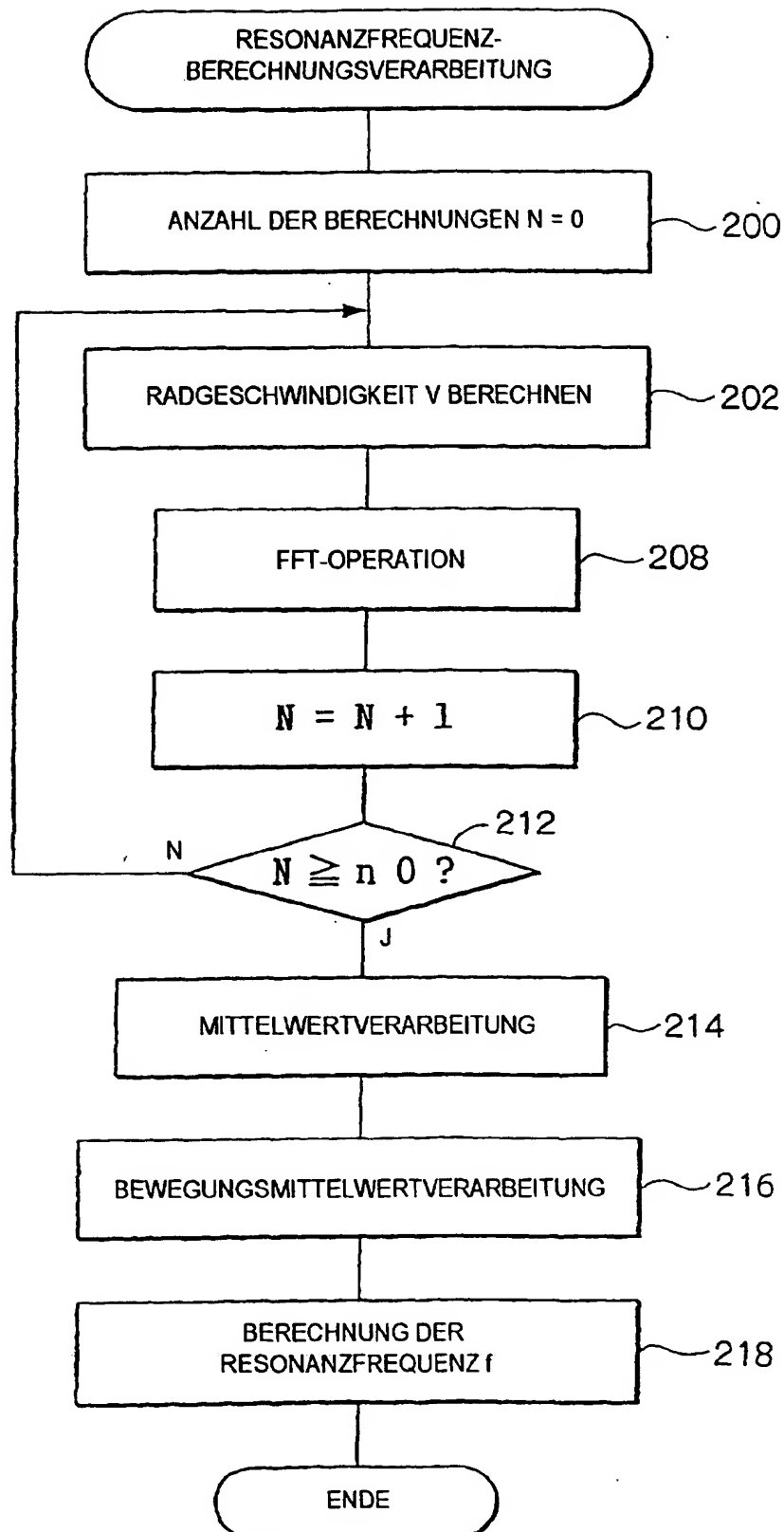


FIG.4

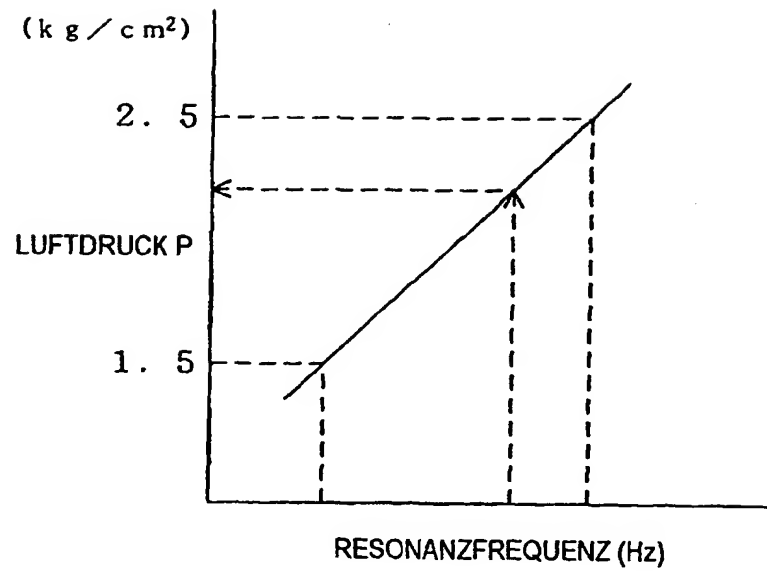


FIG.5A

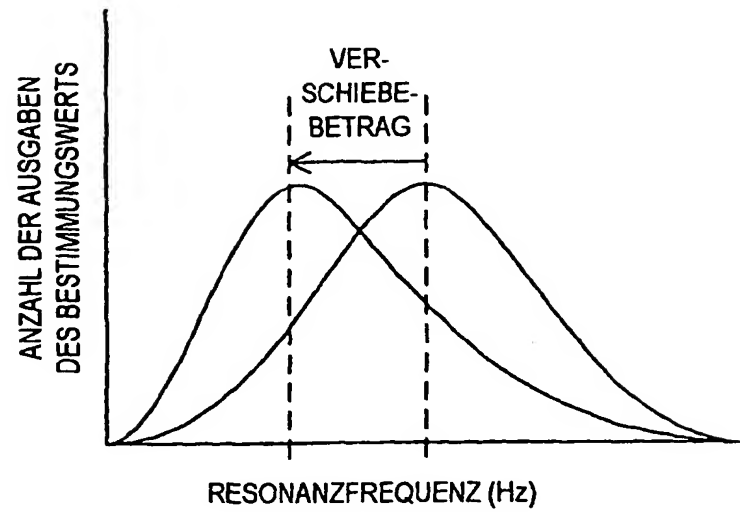


FIG.5B

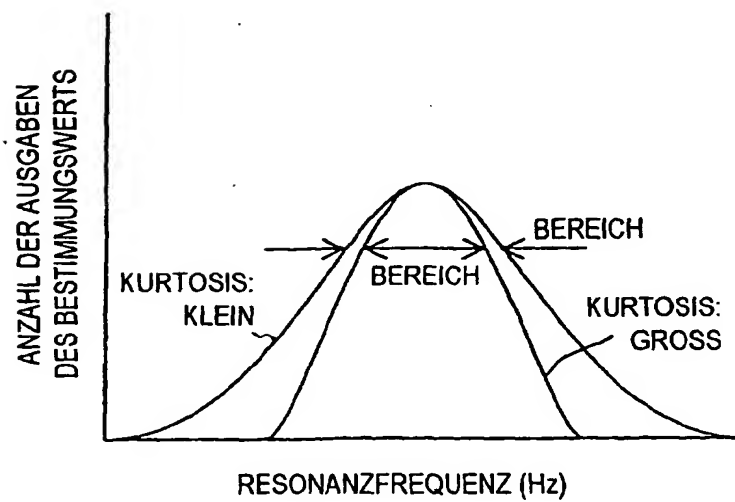


FIG.6A

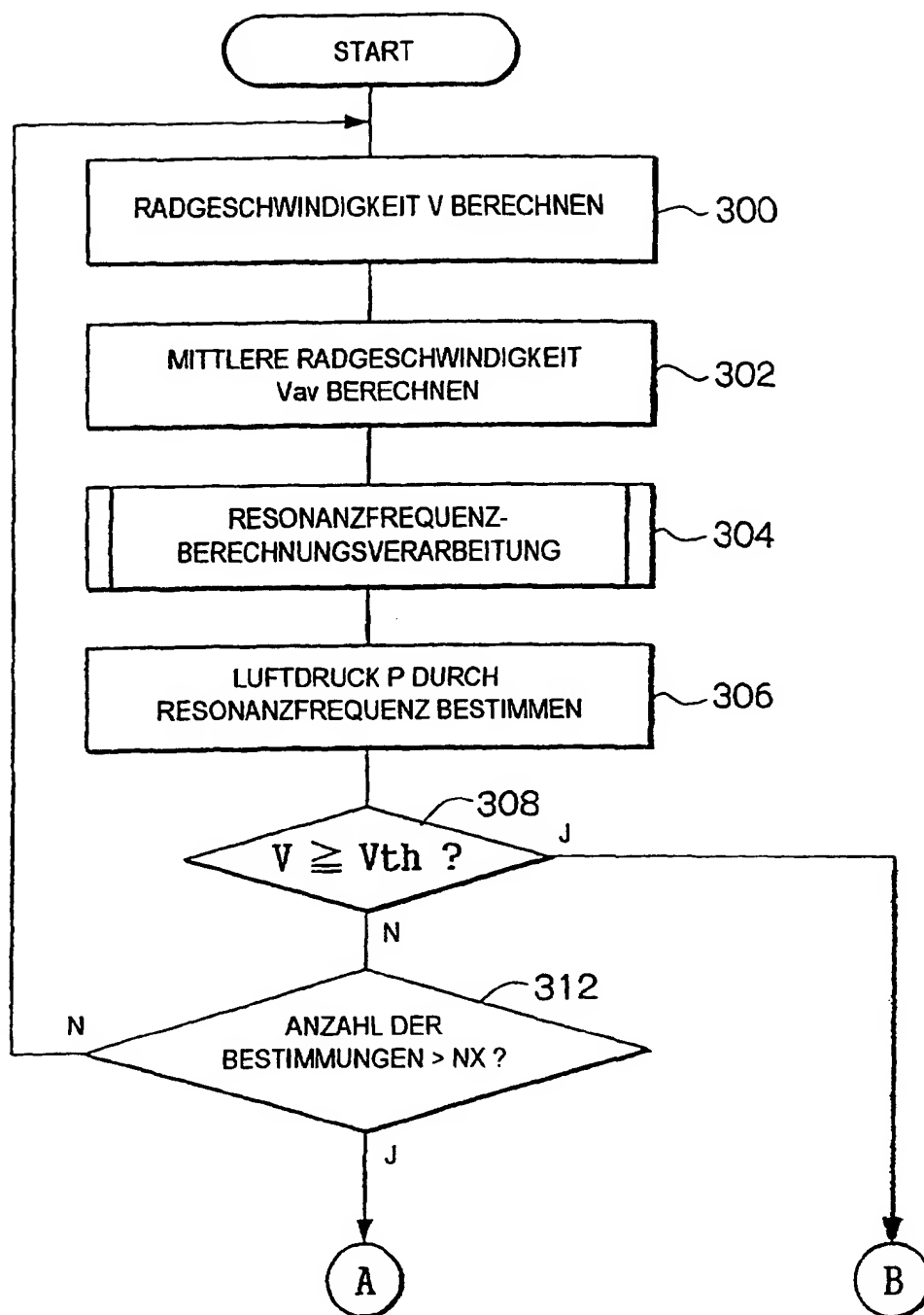


FIG.6B

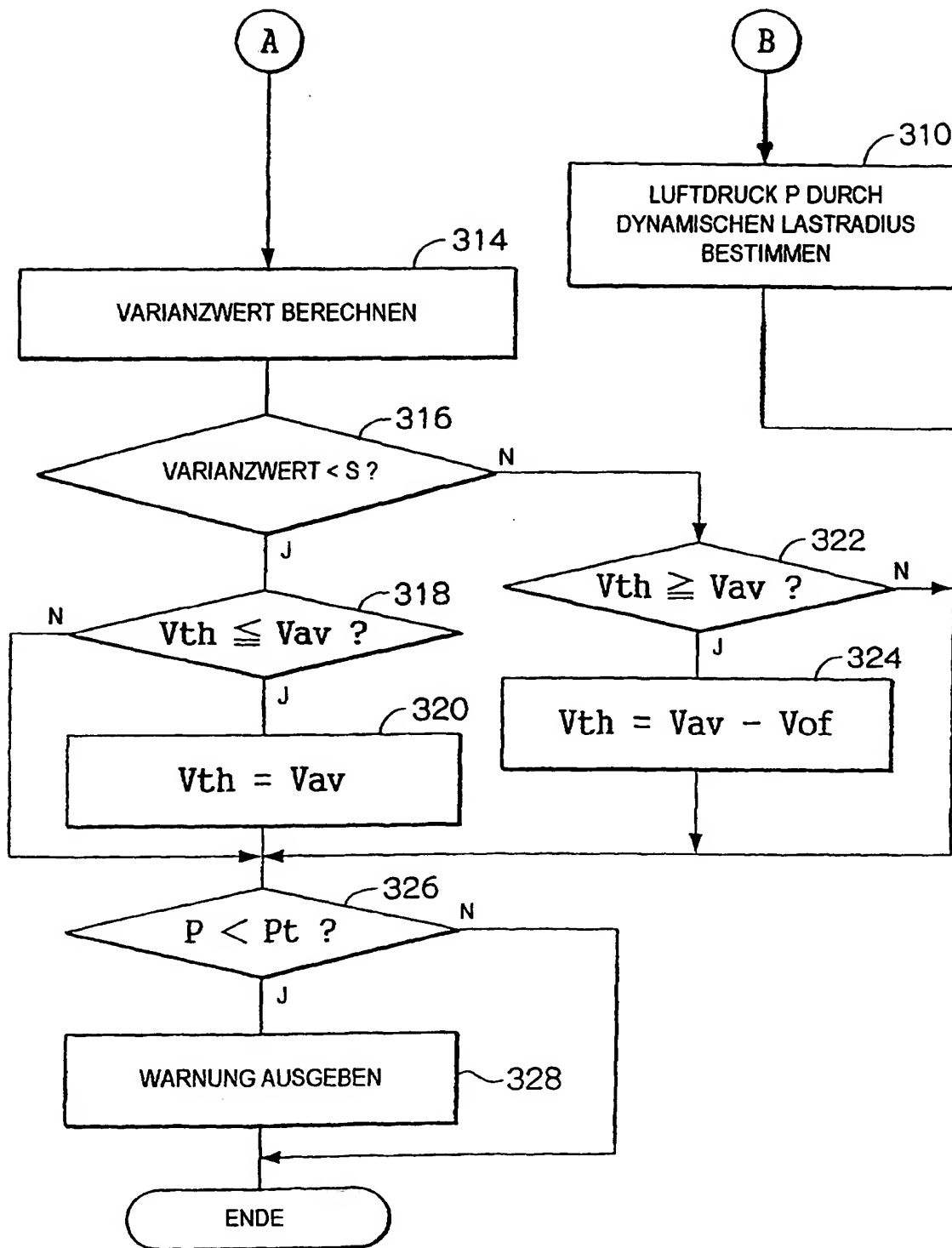


FIG.7A

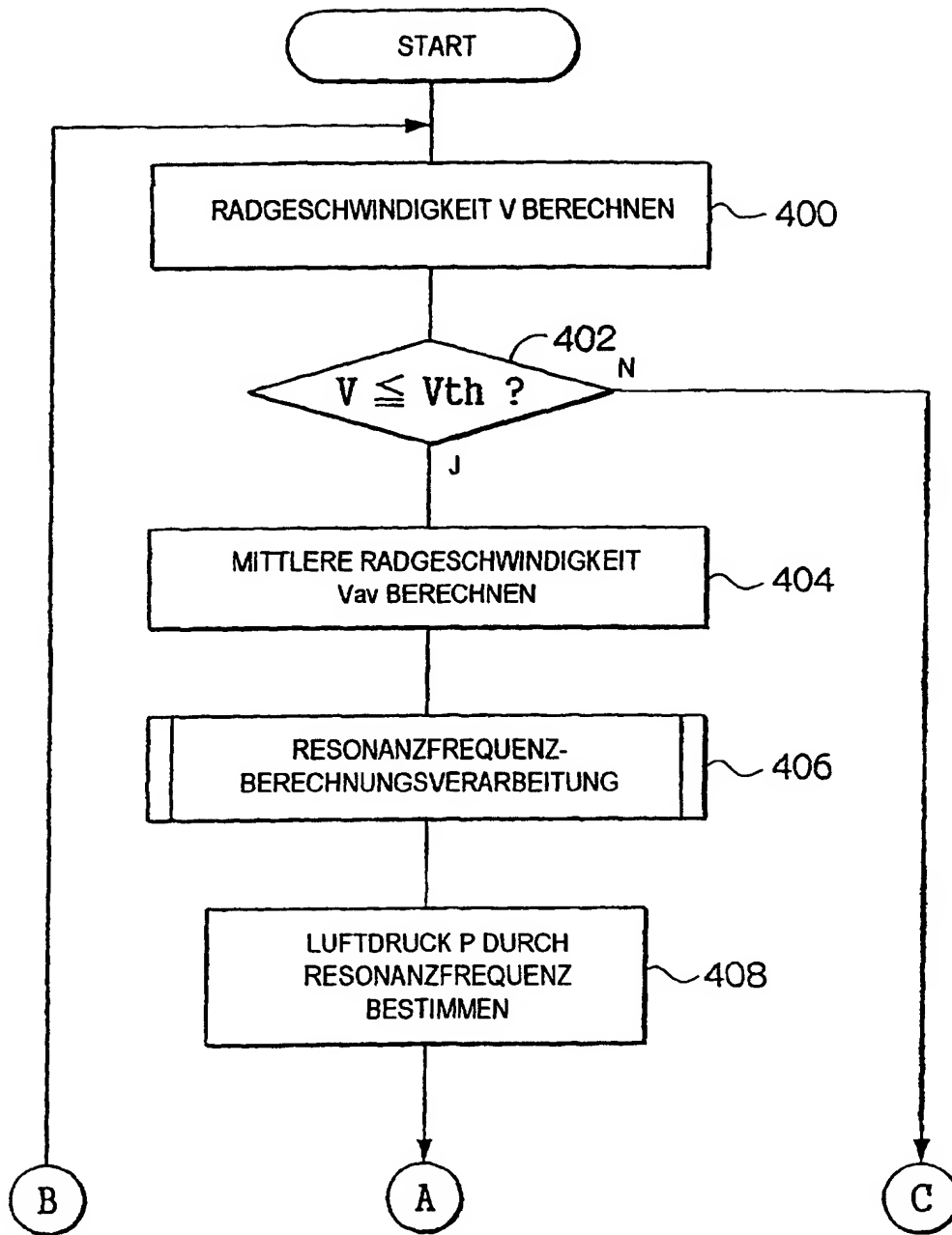


FIG.7B

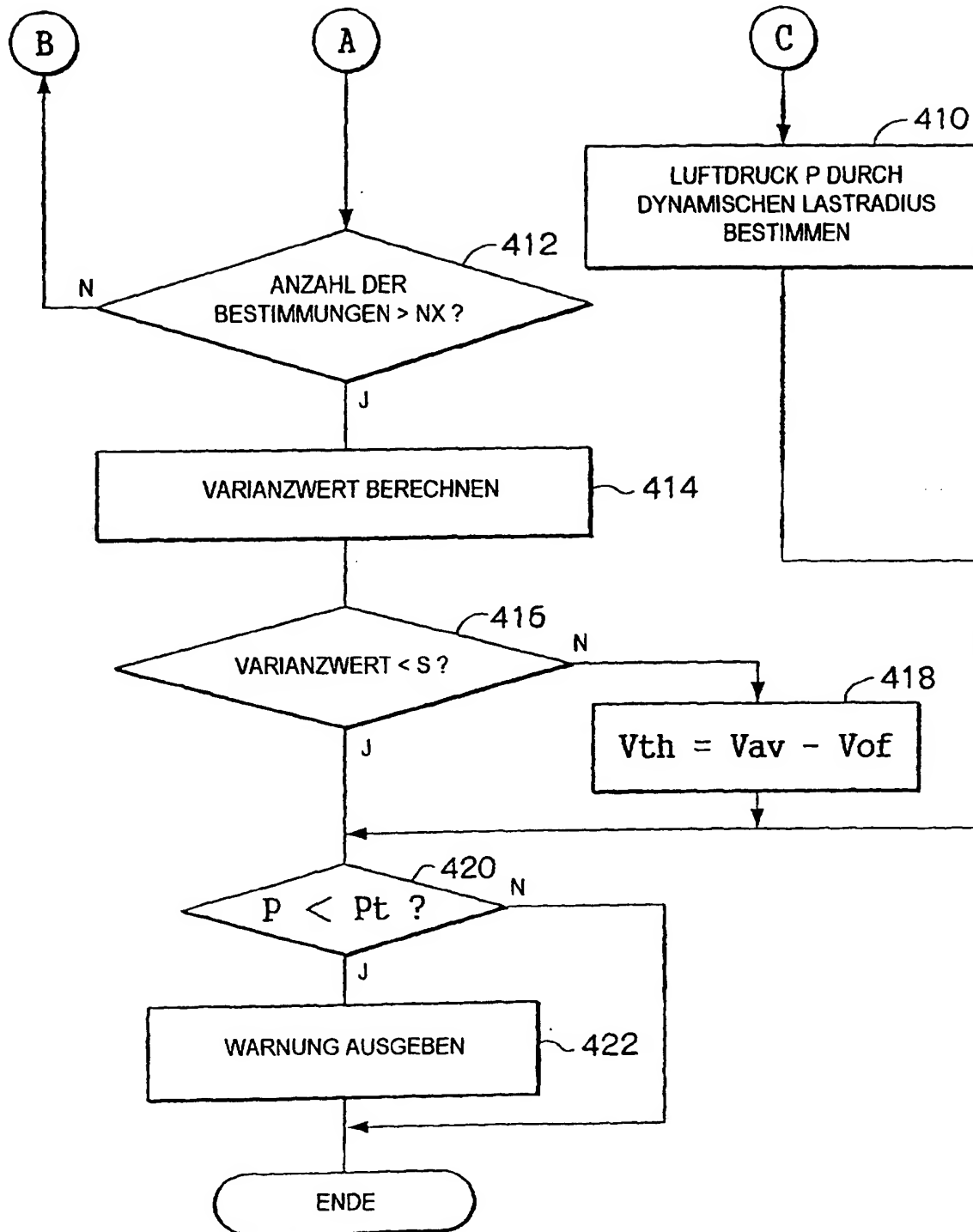


FIG.8

MAP



VARIANZWERT σ^2	SCHWELLENWERT V_{th} (km/h)
a	150
b	145
c	140
.	.
.	.
.	.

FIG.9B

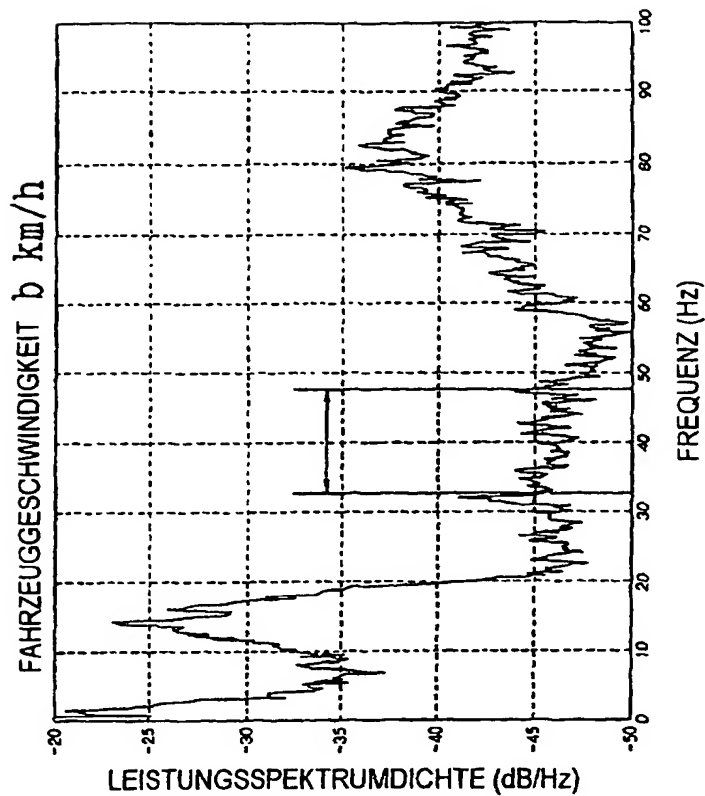


FIG.9A

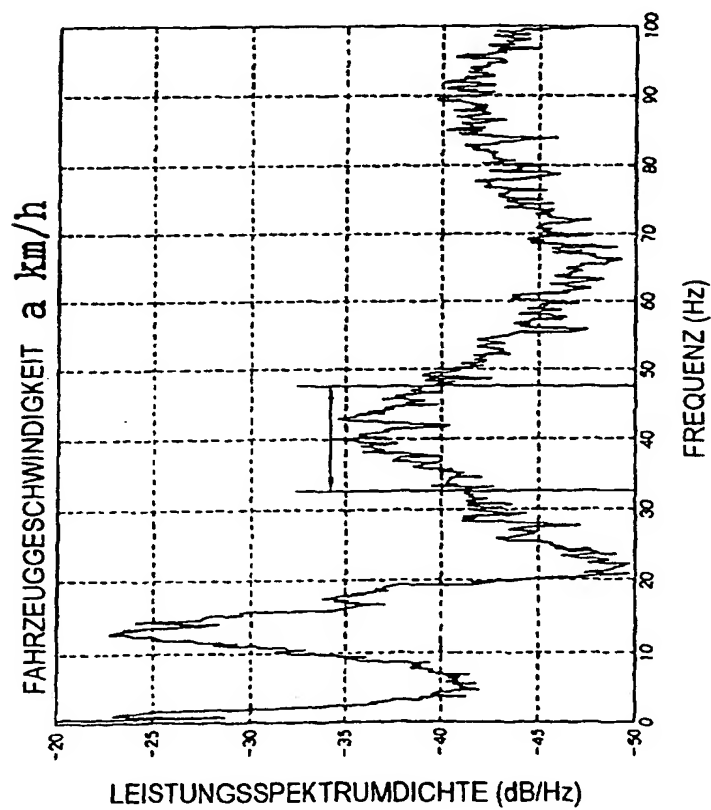


FIG.10B

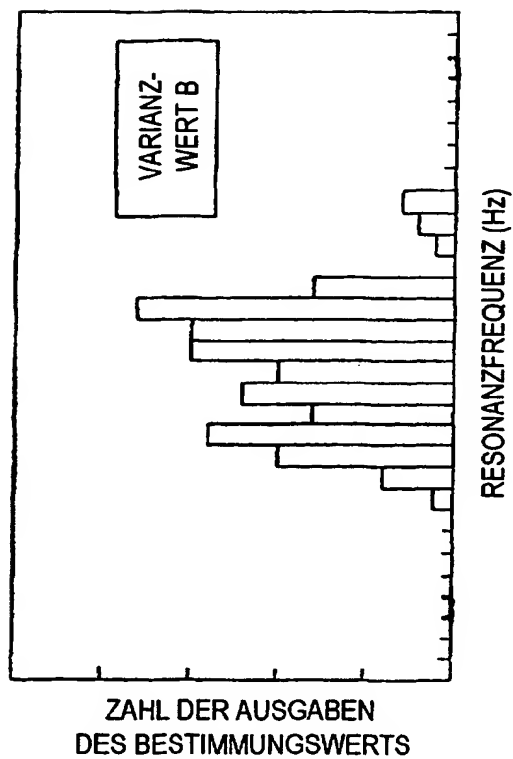


FIG.10A

